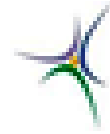




Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Γραμμικός Προγραμματισμός & Βελτιστοποίηση

Εργαστηριακές Ασκήσεις

Χρήστος Σαραγιώτης

Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Η/Υ

Σέρρες, 2006

Περιεχόμενα

I	Οδηγός Χρήσης του LINDO®	5
1	Εισαγωγή στη Χρήση του LINDO®	6
1.1	Εισαγωγή και Επίλυση Προβλήματος, Ερμηνεία Αποτελεσμάτων	6
1.1.1	Ένα Πρόβλημα-Παράδειγμα	6
1.1.2	Δημιουργία ενός Νέου Κενού Παραθύρου	7
1.1.3	Καταχώριση της Αντικειμενικής Συνάρτησης και Ορισμός των Μεταβλητών Απόφασης	7
1.1.4	Καθορισμός των Περιορισμών	8
1.1.5	Επίλυση του Προβλήματος Γραμμικού Προγραμματισμού	8
1.1.6	Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων στο Παράθυρο Αναφοράς	9
1.2	Σύνταξη Μοντέλων στο LINDO®	11
1.2.1	Σύνταξη αντικειμενικής συνάρτησης	11
1.2.2	Ονόματα μεταβλητών	12
1.2.3	Ονόματα περιορισμών	12
1.2.4	Τελεστές που χρησιμοποιούνται	12
1.2.5	Προτεραιότητα Πράξεων	13
1.2.6	Εισαγωγή Σχολίου	13
1.2.7	Εισαγωγή Περιορισμού ή/και Αντικειμενικής Συνάρτησης σε Περισσότερες από μία Γραμμές	13
1.2.8	Πεζά-κεφαλαία	14
1.2.9	Δεξιά μέλη των περιορισμών	14
1.2.10	Αριστερά μέλη των περιορισμών	14
2	Εντολές Μενού του LINDO®	15
2.1	Το Μενού File	15
2.1.1	Η εντολή New (F2)	15
2.1.2	Η εντολή Open (F3)	15
2.1.3	Η Εντολή View (F4)	17
2.1.4	Οι εντολές Save (F5) και Save As (F6)	17
2.1.5	Η εντολή Close (F7)	19
2.1.6	Η εντολή Print(F8)	19

2.1.7	Η εντολή Printer Setup (F9)	20
2.1.8	Η εντολή Log Output (F10)	20
2.1.9	Η εντολή Exit (Shift+F6)	21
2.1.10	Άλλες εντολές του μενού File	21
2.2	Το Μενού Edit	21
2.2.1	Η εντολή Undo (Ctrl+Z)	21
2.2.2	Η εντολή Cut (Ctrl+X)	21
2.2.3	Η εντολή Copy (Ctrl+C)	21
2.2.4	Η εντολή Paste (Ctrl+V)	22
2.2.5	Η εντολή Clear (Del)	22
2.2.6	Η εντολή Find/Replace (Ctrl+F)	22
2.2.7	Η εντολή Options (Alt+O)	23
2.2.8	Η εντολή Go To Line (Ctrl+T)	25
2.2.9	Η εντολή Select All (Ctrl+A)	25
2.2.10	Η εντολή Clear All	26
2.2.11	Η εντολή Choose New Font	26
2.3	Το Μενού Solve	26
2.3.1	Η εντολή Solve (Ctrl+S)	26
2.3.2	Η εντολή Compile Model (Ctrl+E)	28
2.3.3	Η εντολή Debug (Ctrl+D)	29
2.3.4	Η εντολή Pivot (Ctrl+N)	31
2.4	Το Μενού Reports	32
2.4.1	Η εντολή Solution (Alt+0)	32
2.4.2	Η εντολή Range (Alt+1)	32
2.4.3	Η εντολή Tableau (Alt+7)	33
2.4.4	Η εντολή Formulation (Alt+8)	35
2.4.5	Η εντολή Show Column (Alt+9)	37
2.5	Το Μενού Window	37
2.5.1	Η εντολή Open Status Window	37
2.5.2	Η εντολή Send to Back (Ctrl+B)	37
2.5.3	Η εντολή Cascade (Alt+A)	38
2.5.4	Η εντολή Tile (Alt+T)	38
2.5.5	Η εντολή Close All (Alt+X)	39
2.5.6	Η εντολή Arrange Icons (Alt+I)	41
2.6	Η Γραμμή Εργαλείων Menu Bar του LINDO®	41

II Εργαστηριακές Ασκήσεις 43

1	Εισαγωγή στο LINDO®	44
1.1	Σκοπός	44

1.2	Θεωρητικό Μέρος	44
1.3	Εργαστηριακό Μέρος	44
1.4	Εργασία προς Παράδοση	45
2	Ανάλυση Ευαισθησίας με το LINDO®	47
2.1	Σκοπός	47
2.2	Θεωρητικό Μέρος	47
2.3	Εργαστηριακό Μέρος	47
2.4	Εργασία προς Παράδοση	48
3	Ανάλυση Ευαισθησίας με το LINDO®	51
3.1	Σκοπός	51
3.2	Θεωρητικό Μέρος	51
3.3	Εργαστηριακό Μέρος	51
3.4	Εργασία προς Παράδοση	53
4	Ανάλυση Ευαισθησίας με το LINDO® (συνέχεια)	55
4.1	Σκοπός	55
4.2	Θεωρητικό Μέρος	55
4.3	Εργαστηριακό Μέρος	55
4.4	Εργασία προς Παράδοση	57
5	Simplex Tableau με το LINDO®	59
5.1	Σκοπός	59
5.2	Θεωρητικό Μέρος	59
5.3	Εργαστηριακό Μέρος	59
5.4	Εργασία προς Παράδοση	59
6	Simplex Tableau με το LINDO®	61
6.1	Σκοπός	61
6.2	Θεωρητικό Μέρος	61
6.3	Εργαστηριακό Μέρος	61
6.4	Εργασία προς Παράδοση	61
7	Simplex Tableau με το LINDO®	63
7.1	Σκοπός	63
7.2	Θεωρητικό Μέρος	63
7.3	Εργαστηριακό Μέρος	63
7.4	Εργασία προς Παράδοση	63

8	Προβλήματα Διαχείρισης Χρόνου και Μετακίνησης	65
8.1	Σκοπός	65
8.2	Θεωρητικό Μέρος	65
8.3	Εργαστηριακό Μέρος	65
8.4	Εργασία προς Παράδοση	67
9	Προβλήματα Προγραμματισμού Παραγωγής	69
9.1	Σκοπός	69
9.2	Θεωρητικό Μέρος	69
9.3	Εργαστηριακό Μέρος	69
9.4	Εργασία προς Παράδοση	71
10	Προβλήματα Σχεδιασμού Παραγωγής	73
10.1	Σκοπός	73
10.2	Θεωρητικό Μέρος	73
10.3	Εργαστηριακό Μέρος	73
10.4	Εργασία προς Παράδοση	74
11	Προβλήματα Σχεδιασμού Επενδύσεων	75
11.1	Σκοπός	75
11.2	Θεωρητικό Μέρος	75
11.3	Εργαστηριακό Μέρος	75
11.4	Εργασία προς Παράδοση	76
	Βιβλιογραφία	79
	Ευρετήριο	81

Πρόλογος

Πρόλογος

Το εργαστήριο του μαθήματος στηρίζεται στο λογισμικό LINDO®. Το LINDO® (Linear, INteractive and Discrete Optimizer, δηλ. Γραμμικός, διαδραστικός και διακριτός βελτιστοποιητής) είναι μία εφαρμογή για την επίλυση προβλημάτων γραμμικού, ακέραιου και τετραγωνικού προγραμματισμού.

Η πλήρης έκδοση του προγράμματος μπορεί να αντιμετωπίσει προβλήματα με δεκάδες χιλιάδες περιορισμούς και εκατοντάδες χιλιάδες μεταβλητές. Η έκδοση που χρησιμοποιείται στο εργαστήριο είναι η εκπαιδευτική έκδοση 6.1 (student version 6.1) και μπορεί να λύσει προβλήματα με το πολύ 250 περιορισμούς και 500 μεταβλητές. Οι δυνατότητες αυτές είναι υπεραρκετές για να καλύψουν τις ανάγκες του του εργαστηριακού μαθήματος.

Επειδή το LINDO® είναι ένα εξειδικευμένο πρόγραμμα που απευθύνεται σε επιχειρήσεις και επαγγελματίες είναι διαθέσιμο μόνο στα αγγλικά. Για αυτόν το λόγο οι εργαστηριακές σημειώσεις που κρατάτε στα χέρια σας, περιέχουν ένα σύντομο οδηγό χρήσης του LINDO® (Μέρος I). Ο οδηγός αυτός δεν είναι πλήρης με την έννοια ότι αναφέρεται αποκλειστικά στα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού που θα μας απασχολήσουν.

Οποιαδήποτε παρατήρηση σχετικά με τυπογραφικά, εκφραστικά, ορθογραφικά και άλλα παροράματα ή προτάσεις σχετικά με τη βελτίωση αυτού του οδηγού χρήσης είναι ευπρόσδεκτη στην ηλεκτρονική διεύθυνση saragiotis@teiser.gr.

Οδηγίες για το Εργαστήριο

Οι εργαστηριακές ασκήσεις καλύπτουν κατά το δυνατόν ολόκληρη την ύλη που αναπτύσσεται στη θεωρία.

Πώς γίνεται το Εργαστήριο

Σε κάθε εργαστηριακό μάθημα θα γίνεται μία σύνοψη της θεωρίας περίπου 15'. Η σύνοψη αυτή σκοπό έχει να υπενθυμίσει τα βασικά σημεία της θεωρίας και σε καμία

περίπτωση να αναπτύξει εκ νέου τη θεωρία. Για αυτό οι σπουδαστές πρέπει να έρχονται προετοιμασμένοι για το εργαστήριο.

Οι εργαστηριακές ασκήσεις είναι ως επί το πλείστον άλυτες ασκήσεις του βιβλίου της θεωρίας. Οι σπουδαστές προτρέπονται να λύσουν και άλλες από αυτές τις ασκήσεις, ώστε να αποκτήσουν μεγαλύτερη ενόραση στα διατύπωση και επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού.

Εργασίες

Οι εργασίες κάθε εργαστηριακού μαθήματος θα γίνονται από ομάδες των δύο ατόμων εκτός και αν το πλήθος των υπολογιστών στην αίθουσα είναι τέτοιο, ώστε να αντιστοιχεί ένας Η/Υ ανά σπουδαστή, οπότε θα οι εργασίες θα είναι ατομικές. Οι εργασίες θα παραδίδονται το πολύ 14 ημερολογιακές ημέρες μετά την ανάθεσή τους. Το χρονικό αυτό περιθώριο δίνεται, για τους εξής λόγους:

- (α') αφενός τα χρονικά περιθώρια να μην είναι πολύ στενά ούτως, ώστε οι σπουδαστές να έχουν αρκετό χρόνο να τις ολοκληρώσουν και
- (β') αφετέρου να μην είναι πολύ χαλαρά και συσσωρεύεται μεγάλο πλήθος εργασιών, που πρέπει να παραδοθούν προς το τέλος κάθε εξαμήνου.

Πάντως ο αναμενόμενος χρόνος παράδοσης της εργασίας θα πρέπει να είναι στις 7 ημέρες.

Οι εργασίες πρέπει να γίνονται σε ηλεκτρονική μορφή. Εφόσον οι εργασίες γίνονται στον επεξεργαστή κειμένου MS Word ή κάποιον άλλο παρεμφερή επεξεργαστή WYSIWYG θα πρέπει να τηρούνται οι εξής προδιαγραφές:

- (α') Περιθώρια σελίδας: πάνω και κάτω 1 inch (ή 2,5 cm), δεξιά και αριστερά 0,8inch (ή 2 cm).
- (β') Γραμματοσειρά: 11pt, Arial για το κείμενο και Courier για αποτελέσματα του LINDO®.
- (γ') Εξισώσεις: προεπιλεγμένες ρυθμίσεις του Equation editor ή MathType.

Εφόσον οι εργασίες γίνονται στο επεξεργαστή κειμένου L^AT_EX, τότε θα πρέπει να τηρούνται οι εξής προδιαγραφές

- (α') `\documentclass[12pt,a4paper]{paper}`.
- (β') Περιθώρια σελίδας: προεπιλεγμένες ρυθμίσεις.
- (γ') Γραμματοσειρά: προεπιλεγμένες ρυθμίσεις για το κείμενο και τις εξισώσεις και `\tt` ή `\verbatim` για τα αποτελέσματα του LINDO®.

Οι εργασίες θα παραδίδονται είτε σε έντυπη μορφή στο διδάσκοντα, είτε σε ηλεκτρονική με email στην ηλεκτρονική διεύθυνση saragiotis@teiser.gr.

Σημείωση 0.1 Οι σπουδαστές πρέπει να έχουν μαζί τους και μία δισκέτα (floppy) ή κάποιο άλλο φορητό μέσο αποθήκευσης αρχείων, ώστε να αποθηκεύουν τα αποτελέσματα και τις αναφορές του LINDO® και να μπορούν να κάνουν τις εργασίες τους σε υπολογιστές εκτός εργαστηρίου.

Αξιολόγηση Απόδοσης Σπουδαστή

Η αξιολόγηση της απόδοσης των σπουδαστών, θα γίνεται με βάση την πληρότητα των ασκήσεων που έχουν παραδοθεί, τη συνέπεια που έχουν επιδείξει οι σπουδαστές στην παράδοση των εργασιών και τη συμμετοχή τους στην τάξη.

Εξετάσεις δε θα γίνονται.

Μέρος Ι
Οδηγός Χρήσης του LINDO®

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή στη Χρήση του LINDO®

1.1 Εισαγωγή και Επίλυση Προβλήματος, Ερμηνεία Αποτελεσμάτων

Για την επίδειξη της χρήσης του LINDO®, θα χρησιμοποιηθεί ένα απλό παράδειγμα προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού:

1.1.1 Ένα Πρόβλημα-Παράδειγμα

Δραστηριότητα 1.1.1 Η εταιρία PC.com κατασκευάζει 2 ειδών Η/Υ: για οικιακούς χρήστες και για επαγγελματίες. Ας υποθέσουμε ότι μπορεί να παράγει το πολύ 10 οικιακούς και το πολύ 12 επαγγελματικούς Η/Υ σε καθημερινή βάση. Επιπλέον, η συναρμολόγηση ενός απλού υπολογιστή απαιτεί 1 ώρα εργασία, ενώ η συναρμολόγηση ενός επαγγελματικού απαιτεί 2 ώρες και η εταιρία για αυτόν το σκοπό μπορεί να διαθέσει 2 άτομα καθημερινά, δηλαδή 16 εργατοώρες. Η εταιρία αναζητά έναν τρόπο να μεγιστοποιήσει το κέρδος της, δεδομένου ότι κάθε οικιακός Η/Υ αφήνει καθαρό κέρδος € 100,00 ενώ κάθε επαγγελματικός € 150,00.

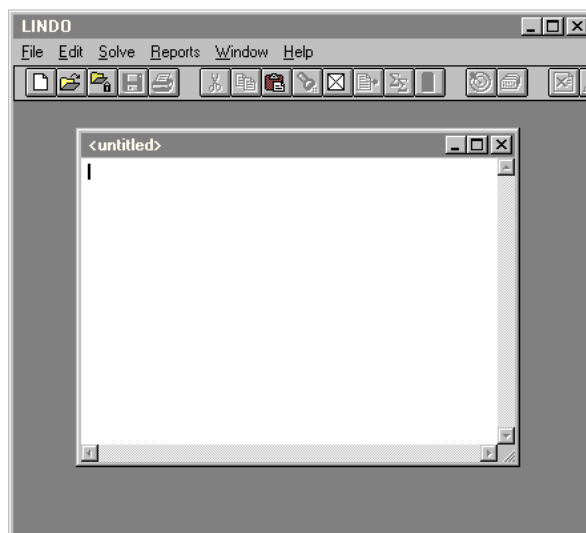
Αν τεθεί x_1 το πλήθος των οικιακών Η/Υ και x_2 το πλήθος των επαγγελματικών Η/Υ που πρέπει να κατασκευαστούν, τότε το παραπάνω πρόβλημα μπορεί να γραφτεί ως ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{maximize: } & 100x_1 + 150x_2 \\ & x_1 \leq 10 \\ & \quad x_2 \leq 12 \\ & x_1 + 2x_2 \leq 16 \\ & x_1, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

Για τις ανάγκες της επίδειξης του τρόπου με τον οποίο χρησιμοποιείται το LINDO®, ας είναι HOME το πλήθος των οικιακών Η/Υ και με PRO το πλήθος των επαγγελματιών.

1.1.2 Δημιουργία ενός Νέου Κενού Παραθύρου

Όταν το LINDO® εκκινεί, η οθόνη πρέπει να μοιάζει με αυτήν του Σχ. 1.1.



Σχήμα 1.1: Το βασικό παράθυρο του LINDO®

Το εξωτερικό παράθυρο με το όνομα LINDO είναι το κυρίως παράθυρο της εφαρμογής. Όλα τα άλλα παράθυρα θα περιέχονται σε αυτό. Το κυρίως παράθυρο επίσης περιέχει όλες τις εντολές μενού και τη γραμμή εργαλείων των εντολών. Το μικρότερο παράθυρο που περιέχεται στο παράθυρο LINDO και έχει τίτλο <untitled> είναι ένα νέο, κενό Παράθυρο Μοντέλου. Σε αυτό ο χρήστης γράφει το πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, το οποίο και θέλει να επιλύσει. Το επόμενο βήμα είναι να καταχωριστεί η αντικειμενική συνάρτηση.

1.1.3 Καταχώριση της Αντικειμενικής Συνάρτησης και Ορισμός των Μεταβλητών Απόφασης

Ένα μοντέλο στο LINDO® προϋποθέτει τουλάχιστον τα εξής τρία πράγματα: την αντικειμενική συνάρτηση, τις μεταβλητές απόφασης και τους περιορισμούς. Η αντικειμενική συνάρτηση ονομάζεται έτσι, με την έννοια του αντικειμενικού σκοπού. Δίνονται δύο επιλογές για τον αντικειμενικό σκοπό: MAX ή MIN, που αναφέρονται στη μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης αντίστοιχα. Σε μία τυπική εφαρμογή ο αντικειμενικός σκοπός είναι είτε η μεγιστοποίηση του κέρδους,

είτε η ελαχιστοποίηση του κόστους. Έτσι, η πρώτη λέξη σε ένα μοντέλο στο LINDO® πρέπει να είναι είτε MAX, είτε MIN. Ο μαθηματικός τύπος, που ακολουθεί είναι η αντικειμενική συνάρτηση. Για το συγκεκριμένο παράδειγμα πρέπει να γραφτεί:

```
MAX 100 HOME + 150 PRO
```

και μετά το πλήκτρο ENTER. Το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός και η εισαγωγή των περιορισμών.

1.1.4 Καθορισμός των Περιορισμών

Η έναρξη των περιορισμών εμφανίζεται από τη δεσμευμένη λέξη SUBJECT TO (ή απλά ST) στη γραμμή που ακολουθεί τον ορισμό της αντικειμενικής συνάρτησης. Στη συνέχεια ο χρήστης πρέπει να γράψει τους περιορισμούς, τον κάθε ένα σε μία γραμμή, δηλαδή

```
HOME < 10  
PRO < 12  
HOME + 2 PRO < 16
```

Σημειώνεται ότι το LINDO® ερμηνεύει το σύμβολο < ως 'μικρότερο ή ίσο' και όχι ως 'αυστηρά μικρότερο'. Προαιρετικά, μπορεί να βάλει κανείς τα σύμβολα <=. Για το LINDO®, αυτό δεν παίζει απολύτως κανένα ρόλο.

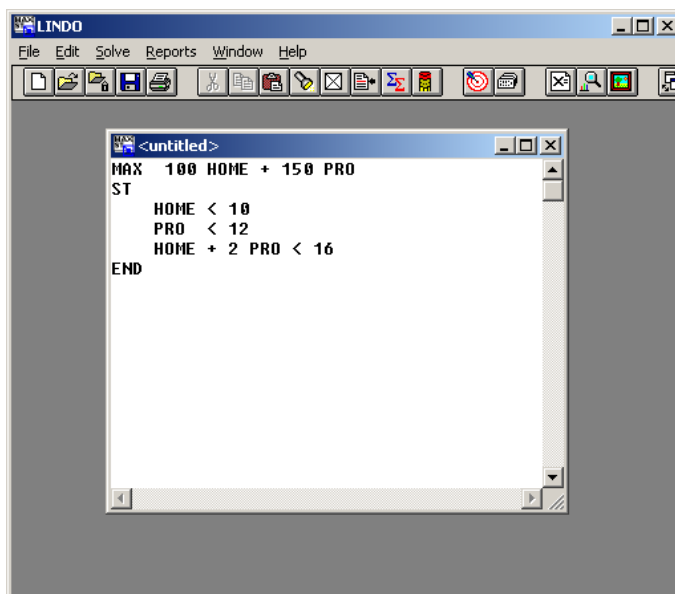
Το τέλος των περιορισμών εμφανίζεται από τη δεσμευμένη λέξη END. Αφού έχουν εισαχθεί τα παραπάνω, η οθόνη πρέπει να μοιάζει με αυτήν του Σχ. 1.2. Το μοντέλο τώρα είναι έτοιμο να λυθεί.

1.1.5 Επίλυση του Προβλήματος Γραμμικού Προγραμματισμού

Εφόσον έχει εισαχθεί η αντικειμενική συνάρτηση και οι περιορισμοί, για να λυθεί το μοντέλο, αρκεί να επιλεγεί η εντολή Solve από το μενού Solve ή να γίνει κλικ στο κουμπί της επίλυσης στη γραμμή εργαλείων (βλ. Σχ. 1.3). Το LINDO® θα ξεκινήσει να μεταγλωττίζει (compile) το μοντέλο. Αυτό σημαίνει ότι το LINDO® θα εξετάσει αν το μοντέλο είναι σωστό από μαθηματική σκοπιά και αν είναι γραμμένες σωστά οι εντολές. Αν κάτι από τα προηγούμενα δεν ισχύει, τότε θα εμφανιστεί ένα μήνυμα σφάλματος:

An error occurred during compilation on line: n

δηλαδή, ότι 'ένα σφάλμα συνέβη κατά τη διάρκεια της μεταγλώττισης στη γραμμή n', οπότε το LINDO® θα πάει στη γραμμή στην οποία συνέβη το σφάλμα. Ο χρήστης θα πρέπει τότε να εξετάσει τη γραμμή αυτή για συντακτικά λάθη και να τη διορθώσει. Αν δεν υπάρχουν σφάλματα κατά τη φάση της μεταγλώττισης, τότε το LINDO® θα



Σχήμα 1.2: Καταχώριση προβλήματος στο LINDO®.



Σχήμα 1.3: Το κουμπί επίλυσης.

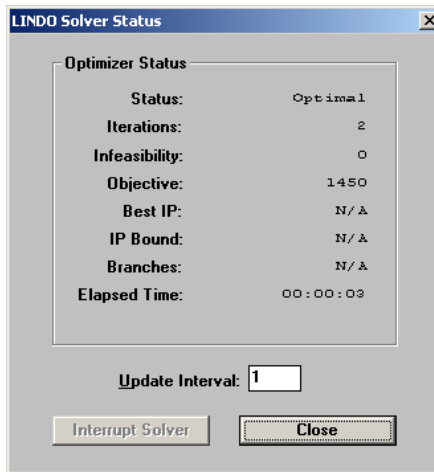
αρχίσει να λύνει το πρόβλημα. Όταν ξεκινά η διαδικασία επίλυσης, εμφανίζεται ένα Παράθυρο Κατάστασης (Status Window) το οποίο μοιάζει με αυτό του Σχ. 1.4.

Το Παράθυρο Κατάστασης είναι χρήσιμο για την παρακολούθηση της προόδου της επίλυσης. Μία περιγραφή των διάφορων πεδίων που εμφανίζονται στο Παράθυρο Κατάστασης φαίνεται στην § 2.3.1, Πίνακα 2.2, σελ. 27. Όταν η επίλυση ολοκληρωθεί, θα εμφανιστεί ένα παράθυρο, το οποίο ρωτάει το χρήστη αν θέλει να γίνει ανάλυση ευαισθησίας.

Το επόμενο βήμα είναι η ερμηνεία των αποτελεσμάτων στο Παράθυρο Αναφορών.

1.1.6 Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων στο Παράθυρο Αναφορών

Μετά το πέρας της επίλυσης του προβλήματος εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο, το Παράθυρο Αναφορών (Reports Window). Το Παράθυρο Αναφορών είναι αυτό στο οποίο το LINDO® στέλνει όλα τα αποτελέσματα σε μορφή κειμένου. Το παράθυρο αυτό μπορεί να εμφανίσει μέχρι 64.000 χαρακτήρες. Αν η αναφορά είναι πολύ μακροσκελής, και ο χρήστης θέλει να τη μελετήσει καλύτερα, τότε μπορείτε να αποθηκεύσει όλη την πληροφορία που εμφανίζεται στο Παράθυρο Αναφορών σε ένα αρχείο χρησιμοποιώντας



Σχήμα 1.4: Το Παράθυρο Κατάστασης της Λύσης.

την εντολή μενού File;Log Output (βλ. § 2.1.8). Στη συνέχεια μπορεί να μελετήσει την αναφορά χρησιμοποιώντας έναν οποιονδήποτε επεξεργαστή κειμένου, όπως το Notepad ή το WordPad ή χρησιμοποιώντας την εντολή μενού File > View (βλ. § 2.1.3 για περισσότερες λεπτομέρειες).

Σημείωση 1.1 Αν είναι απαραίτητο, το LINDO® θα διαγράψει μέρος της αναφοράς από την αρχή του Παραθύρου Αναφορών, προκειμένου να δημιουργήσει χώρο για κείμενο στο τέλος του παραθύρου.

Για το συγκεκριμένο παράδειγμα που εξετάζεται, το Παράθυρο Αναφορών θα πρέπει να δείχνει κάτι σαν το Σχ. 1.5.

Το παράθυρο αυτό λέει ότι το LINDO® χρειάστηκε 2 επαναλήψεις (iterations) για να λύσει το πρόβλημα και ότι η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης (OBJECTIVE FUNCTION VALUE) είναι 1450. Το υπόλοιπο της αναφοράς διακρίνεται σε δύο ενότητες:

- (α') Στην πρώτη ενότητα η αναφορά επικεντρώνεται στις μεταβλητές. Για κάθε μεταβλητή υπάρχει μία γραμμή στην οποία υπάρχουν το όνομα της μεταβλητής (VARIABLE), η τιμή της (VALUE) και το ευκαιριακό της κόστος (REDUCED COST). Έτσι, η αναφορά του Σχ. 1.5 λέει ότι οι μεταβλητές HOME και PRO παίρνουν τις τιμές 10 και 3 αντίστοιχα και έχουν μηδενικά ευκαιριακά κόστη.
- (β') Στη δεύτερη ενότητα η αναφορά επικεντρώνεται στους περιορισμούς. Για κάθε περιορισμό υπάρχει μία γραμμή στην οποία υπάρχουν το όνομα του περιορισμού (ROW), εφόσον του έχει δοθεί, ή αν δεν έχει δοθεί, ο αντίστοιχος αριθμός), η περιθώρια τιμή του (SLACK OR SURPLUS) και η σκιώδης τιμή του (DUAL PRICE). Έτσι, η αναφορά του Σχ. 1.5 λέει ότι οι περιορισμοί 2) και 4) έχουν περιθώρια


```

Reports Window
LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1) 1450.000

VARIABLE VALUE REDUCED COST
HOME 10.000000 0.000000
PRO 3.000000 0.000000

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES
2) 0.000000 25.000000
3) 9.000000 0.000000
4) 0.000000 75.000000

NO. ITERATIONS= 2

```

Σχήμα 1.5: Το παράθυρο αναφορών του LINDO®.

τιμές ίσες με 0 (άρα είναι δεσμευτικοί) και έχουν σκιώδεις τιμές 25 και 75 αντίστοιχα. Ο περιορισμός 3) έχει περιθώρια τιμή 9 και συνεπώς δεν έχει σκιώδη τιμή.

Για το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι ενδιαφέρον ότι πρέπει να κατασκευαστούν λιγότερα επαγγελματικοί Η/Υ από ότι οικιακοί παρά το γεγονός ότι οι επαγγελματικοί Η/Υ αφήνουν μεγαλύτερο κέρδος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος συναρμολόγησης για τους επαγγελματικούς Η/Υ.

Για μία πιο λεπτομερή περιγραφή της λύσης βλ. την εντολή μενού Reports > Formulation (§ 2.4.4).

1.2 Σύνταξη Μοντέλων στο LINDO®

Οι συντακτικοί κανόνες του LINDO® είναι λίγιοι και εύκολοι και είναι οι εξής δέκα:

1.2.1 Σύνταξη αντικειμενικής συνάρτησης

Η αντικειμενική συνάρτηση μπαίνει πάντα στην αρχή του μοντέλου και ξεκινά με τη δεσμευμένη λέξη MAX ή MIN. Το τέλος της αντικειμενικής συνάρτησης και η αρχή των περιορισμών προσδιορίζεται με κάποια από τις παρακάτω δεσμευμένες λέξεις:

```

SUBJECT TO
SUCH THAT
ST
S.T.

```

Το τέλος των περιορισμών προσδιορίζεται από τη δεσμευμένη λέξη END.

1.2.2 Ονόματα μεταβλητών

Το LINDO® έχει περιορισμό στο μήκος των ονομάτων των μεταβλητών απόφασης μέχρι 8 χαρακτήρες. Ο πρώτος χαρακτήρας πρέπει να είναι κάποιο από τα γράμματα του λατινικού αλφαβήτου (A-Z ή a-z) ενώ οι επόμενοι μπορούν να είναι οποιοδήποτε χαρακτήρες εκτός από τους

!) + - = ' ,

Έτσι, τα παρακάτω ονόματα μεταβλητών απόφασης είναι έγκυρα:

XYZ, myVar, A12, Ship.LA

ενώ τα επόμενα δεν είναι:

ThisIsALongName, 12A, A-Hyphen

Το πρώτο όνομα έχει περισσότερους από 8 χαρακτήρες, το δεύτερο ξεκινά από αριθμό ενώ το τρίτο έχει το μη-επιτρεπτό σύμβολο -.

1.2.3 Ονόματα περιορισμών

Προαιρετικά ο χρήστης μπορεί να δώσει ονόματα στους περιορισμούς. Τα ονόματα των περιορισμών κάνουν πιο εύκολη την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Οι περιορισμοί για τα ονόματα των περιορισμών είναι οι ίδιοι με αυτούς για τα ονόματα των μεταβλητών (σε μερικά συστήματα πάντως είναι δυνατό να δοθούν και ελληνικοί χαρακτήρες). Το LINDO® καταλαβαίνει το τέλος του ονόματος ενός περιορισμού από το σύμβολο ')', δηλαδή το κλείσιμο της παρένθεσης. Μετά από αυτό ο χρήστης μπορεί να εισάγει τον περιορισμό κανονικά. Για παράδειγμα είναι δυνατό να δοθεί το όνομα XBOUND σε έναν περιορισμό ως εξής:

XBOUND) X < 10

1.2.4 Τελεστές που χρησιμοποιούνται

Το LINDO® αναγνωρίζει μόνον 5 τελεστές: τον τελεστή της πρόσθεσης (+), της αφαίρεσης (-), το μεγαλύτερο (>), το μικρότερο (<) και το ίσον (=). Οι τελεστές της αυστηρής ανισότητας μεγαλύτερο και μικρότερο (>, <) αναγνωρίζονται από το LINDO® ως μεγαλύτερο ή ίσο και μικρότερο ή ίσο αντίστοιχα. Αυτό γίνεται διότι πολλά πληκτρολόγια δεν έχουν τα σύμβολα \geq και \leq . Σε συστήματα, τα οποία έχουν τα σύμβολα \geq και \leq , το LINDO® δεν τα αναγνωρίζει. Προαιρετικά ο χρήστης μπορεί να βάζει \geq και \leq αντί για $>$ και $<$ αντίστοιχα, αλλά για το LINDO® είναι αδιάφορο.

1.2.5 Προτεραιότητα Πράξεων

Το LINDO® αγνοεί τις παρενθέσεις όταν αυτές χρησιμοποιούνται για να παρακάμψουν την προτεραιότητα των πράξεων. Όλες οι πράξεις στο LINDO® γίνονται από τα αριστερά προς τα δεξιά.

1.2.6 Εισαγωγή Σχολίου

Σχόλια είναι δυνατό να μπουν οπουδήποτε μέσα σε ένα μοντέλο στο LINDO®. Τα σχόλια εμφανίζονται από το σύμβολο του θαυμαστικού (!) και ο,τιδήποτε ακολουθεί το θαυμαστικό μέχρι και το τέλος της συγκεκριμένης γραμμής αγνοείται από το LINDO®. Σε κάποια συστήματα τα σχόλια είναι δυνατό να είναι γραμμένα και στα ελληνικά. Για παράδειγμα

1.2.7 Εισαγωγή Περιορισμού ή/και Αντικειμενικής Συνάρτησης σε Περισσότερες από μία Γραμμές

Στο LINDO® οι περιορισμοί και η αντικειμενική συνάρτηση επιτρέπεται να εισαχθούν σε περισσότερες από μία γραμμές. Οι γραμμές επιτρέπεται να σπάσουν οπουδήποτε εκτός μέσα στο όνομα της μεταβλητής ή μέσα σε ένα συντελεστή. Έτσι, η παρακάτω εισαγωγή μοντέλου είναι επιτρεπτή:

```
MAX
    10
    HOME + 150 PRO SUBJECT TO
HOME
<
10
pro < 12  HOME + 2
pro < 16 end
```

Παρόλα αυτά μία τέτοια εισαγωγή μοντέλου δεν προτείνεται διότι είναι εξαιρετικά δύσκολο να διαβαστεί από το χρήστη.

Αντίθετα, η παρακάτω εισαγωγή μοντέλου

```
MAX 10H
OME + 1
50 PRO
SUBJECT TO
    HOME < 10
    PRO < 12
    HOME + 2PRO < 16
END
```

δεν είναι επιτρεπτή, διότι τόσο το όνομα της μεταβλητής HOME όσο και ο αντικειμενικός συντελεστής 150 χωρίζουν πριν την ολοκλήρωση της γραμμής.

1.2.8 Πεζά-κεφαλαία

Στο LINDO® δεν παίζει ρόλο αν κάτι γραφτεί με πεζά ή κεφαλαία γράμματα, διότι ό,τι πληκτρολογείται στο LINDO® μετατρέπεται εσωτερικά σε κεφαλαία γράμματα. Έτσι, το μοντέλο

```
Max x
st
X < 10
End
```

είναι έγκυρο και περιλαμβάνει μόνο μία μεταβλητή την X αντί για τις X και x.

1.2.9 Δεξιά μέλη των περιορισμών

Στα δεξιά μέλη των περιορισμών επιτρέπονται μόνο σταθερές και όχι μεταβλητές. Έτσι, ο περιορισμός

$$X > Y$$

θα δώσει σφάλμα. Ο παραπάνω περιορισμός πρέπει να γραφτεί ως

$$X - Y > 0.$$

1.2.10 Αριστερά μέλη των περιορισμών

Στα αριστερά μέλη των περιορισμών επιτρέπονται μόνον οι μεταβλητές απόφασης και οι συντελεστές τους. Έτσι, ο περιορισμός

$$3X + 4Y - 10 = 0$$

θα δώσει μήνυμα σφάλματος, λόγω της ύπαρξης της σταθεράς 10 στο αριστερό μέλος του περιορισμού. Το σωστό είναι

$$3X + 4Y = 10.$$

Κεφάλαιο 2

Εντολές Μενού του LINDO®

2.1 Το Μενού File

2.1.1 Η εντολή New (F2)

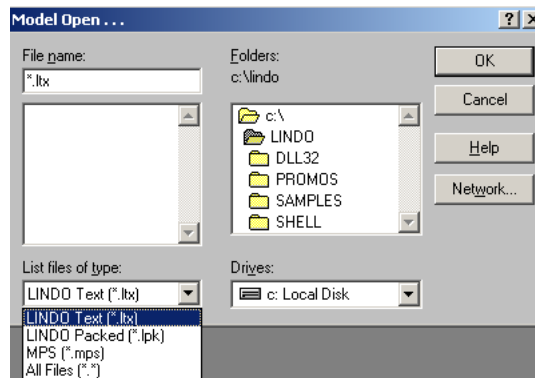
Η εντολή New δημιουργεί ένα νέο, κενό Παράθυρο Μοντέλου. Ο χρήστης είναι δυνατό να εισάγει ένα μοντέλο είτε γράφοντας στο συγκεκριμένο παράθυρο, είτε επικολλώντας (paste) κείμενο από το πρόχειρο (clipboard) των Windows.

2.1.2 Η εντολή Open (F3)

Η εντολή μενού Open διαβάζει ένα αποθηκευμένο πρόβλημα από το δίσκο και το τοποθετεί στο Παράθυρο Επεξεργασίας (Edit Window). Όλα τα συνηθισμένα εργαλεία επεξεργασίας κειμένου όπως η αποκοπή (cut), η αντιγραφή (copy) και η επικόλληση (paste) είναι διαθέσιμες στο Παράθυρο Επεξεργασίας. Ο μόνος περιορισμός είναι ότι το Παράθυρο Επεξεργασίας μπορεί να επεξεργαστεί αρχεία με το πολύ 64.000 χαρακτήρες. Αν προσπαθήσετε να ανοίξετε ένα αρχείο, το οποίο περιέχει περισσότερους από 64.000 χαρακτήρες, το LINDO® θα σας παραπέμψει στο να τοποθετήσετε το αρχείο σε ένα Παράθυρο Προβολής (View Window) (βλ. και § 2.1.3).

Όταν εκτελεστεί η εντολή μενού Open, θα εμφανιστεί ένα παράθυρο διαλόγου με τίτλο Άνοιγμα Μοντέλου (Model Open) όπως αυτό της εικόνας 2.1. Αυτό το παράθυρο διαλόγου έχει όλα τα συνηθισμένα χαρακτηριστικά για την πλοήγηση στο σύστημα με σκοπό την αναζήτηση ενός αρχείου. Το μόνο μη-συνηθισμένο χαρακτηριστικό του είναι το πλαίσιο καταλόγου στην κάτω αριστερή γωνία με τίτλο List files of type (δηλαδή, 'προβολή αρχείων τύπου'). Αυτό επιτρέπει στο χρήστη να διαλέξει ένα από τα 4 φίλτρα για την επιλογή αρχείων: LINDO® Text (*.ltx), LINDO® Packed (*.lpk), MPS (*.mps) και All Files (*.*). Το πρώτα τρία φίλτρα αντιστοιχούν σε τρεις διαφορετικούς τύπους αρχείων, που υποστηρίζονται από το LINDO® για την αποθήκευση μοντέλων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, συνιστάται να χρησιμοποιείται ο τύπος LINDO® Text

(* .ltx). Αυτός αποθηκεύει το μοντέλο σε μορφή κειμένου, ακριβώς όπως εμφανίζεται στην οθόνη. Για τα χαρακτηριστικά των άλλων τύπων αρχείων βλ. § 2.1.4.



Σχήμα 2.1: Το παράθυρο Άνοιγμα Μοντέλου της εντολής Open.

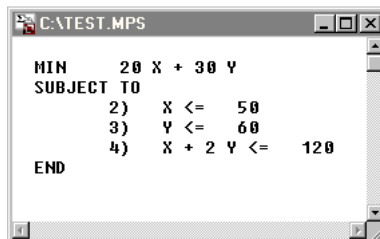
Αφού επιλεχθεί ένα αρχείο για ανάγνωση, το LINDO® εξετάζει το αρχείο για να δει ως τι τύπος αρχείου είχε αποθηκευτεί. Αν το μοντέλο είναι τύπου LINDO® Text, ή κάποιος άγνωστος τύπος, τότε διαβάζεται ακριβώς όπως είναι, χωρίς καμία τροποποίηση. Οι τύποι αρχείων MPS και LINDO® Packed μετατρέπονται στον αντίστοιχο ισοδύναμο τύπο LINDO® Text, πριν εμφανιστούν στην οθόνη. Για παράδειγμα το παρακάτω αρχείο test.mps είναι ένα αρχείο τύπου MPS:

```

NAME ROWS
N      1
L      2
L      3
L      4
COLUMNS
      X      1      20.0000000
      X      2       1.0000000
      X      4       1.0000000
      Y      1      30.0000000
      Y      3       1.0000000
      Y      4       2.0000000
RHS
      RHS     2       50.0000000
      RHS     3       60.0000000
      RHS     4      120.0000000
ENDATA
    
```

Το LINDO® μετατρέπει το παραπάνω μοντέλο στην πιο ευανάγνωστη μορφή του τύπου LINDO® Text, πριν την εμφανίσει στην οθόνη όπως στο Σχ. 2.2. Το LINDO®

θυμάται τον τύπο ενός αρχείου που έχετε ανοίξει. Έτσι, όταν ο χρήστης προσπαθήσει να το αποθηκεύσει, το LINDO® χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο τύπο αρχείου εκτός και αν του καθορίσει κάποιον άλλον (βλ. την εντολή Save, § 2.1.4, σελ. 17 για περισσότερες πληροφορίες).



```

C:\TEST.MPS
MIN      20 X + 30 Y
SUBJECT TO
2)      X <=  50
3)      Y <=  60
4)      X + 2 Y <= 120
END

```

Σχήμα 2.2: Το μοντέλο του αρχείου test.mps, όπως το δείχνει το LINDO® στο Παράθυρο Μοντέλου.

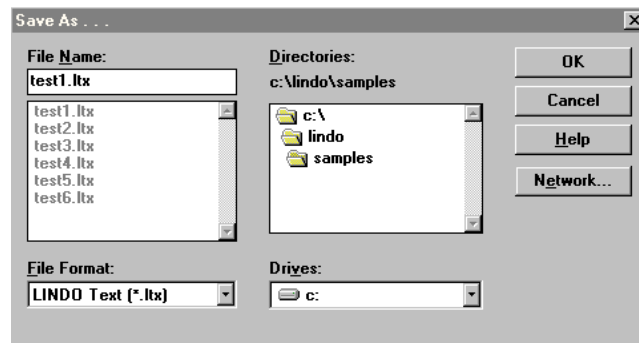
2.1.3 Η Εντολή View (F4)

Η εντολή View διαβάζει ένα αποθηκευμένο μοντέλο από το δίσκο και το τοποθετεί στο Παράθυρο Προβολής (View Window). Αντίθετα με την εντολή Open, η οποία χρησιμοποιεί Παράθυρα Επεξεργασίας (Edit Windows) και τα οποία περιορίζονται σε αρχεία με το πολύ 64.000 χαρακτήρες, η εντολή View μπορεί να διαβάσει αρχεία οποιουδήποτε μεγέθους (το επιτρεπόμενο μέγεθος περιορίζεται μόνον από τη μνήμη του συστήματος). Τα Παράθυρα Προβολής χρησιμοποιούνται κυρίως για να απεικονίζονται μοντέλα και να υποβάλλονται στο LINDO® προς επίλυση. Επίσης παρά το ότι είναι δυνατό να διαβαστούν μεγάλα (με περισσότερους από 64.000 χαρακτήρες αρχεία) σε ένα Παράθυρο Προβολής, δε δίνονται όλες οι δυνατότητες επεξεργασίας κειμένου, που δίνονται σε ένα Παράθυρο Επεξεργασίας. Ο χρήστης είναι δυνατό να διαβάσει μεγάλα μοντέλα, να χρησιμοποιήσει την εντολή Go To Line (βλ. § 2.2.8) για να μεταβεί σε κάποια συγκεκριμένη γραμμή να χρησιμοποιήσει την εντολή Find/Replace (βλ. § 2.2.6) για να αναζητήσει ή/και να αντικαταστήσει ένα αλφαριθμητικό. Για περισσότερες επιλογές όσον αφορά την επεξεργασία κειμένου, ο χρήστης πρέπει να καταφύγει σε κάποιο επεξεργαστή κειμένου, όπως το MS Word, ή το Notepad και μετά να φορτώσει το αρχείο στο LINDO® με την εντολή View. Αν χρησιμοποιηθεί κάποιος εξωτερικός επεξεργαστής κειμένου, το αρχείο πρέπει οπωσδήποτε να αποθηκευτεί ως Αρχείο Κειμένου (Text Only), αλλιώς το LINDO® δε θα μπορεί να το διαβάσει.

2.1.4 Οι εντολές Save (F5) και Save As (F6)

Οι εντολές Save και Save As αποθηκεύουν τα περιεχόμενα του ενεργού παραθύρου σε ένα αρχείο στο δίσκο. Η εντολή Save αποθηκεύει το μοντέλο στο όνομα και τύπο του ήδη υπάρχοντος αρχείου, ενώ η εντολή Save As προτρέπει το χρήστη να δώσει

ένα διαφορετικό όνομα αρχείου και να αλλάξει, αν το επιθυμεί, τον τύπο με τον οποίο θέλει να αποθηκεύσει το αρχείο. Όταν ο χρήστης καλέσει την εντολή Save As θα εμφανιστεί ένα συνηθισμένο παράθυρο διαλόγου Αποθήκευση Ως (Save As) όπως του Σχ. 2.3.



Σχήμα 2.3: Παράθυρο διαλόγου Save As.

Αυτό το παράθυρο διαλόγου έχει όλα τα συνηθισμένα χαρακτηριστικά, που επιτρέπουν την πλοήγηση του χρήστη στο σύστημα, ώστε να αποθηκεύσει το αρχείο του εκεί όπου επιθυμεί. Το μόνο χαρακτηριστικό που είναι διαφορετικό είναι ένα πλαίσιο καταλόγου στην κάτω αριστερή γωνία του παραθύρου με τίτλο File Format (τύπος αρχείου), το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει ως τι τύπου αρχείο θέλει να το αποθηκεύσει. Οι επιλογές είναι τρεις και περιγράφονται στον Πίνακα 2.1.

Σημείωση 2.1 Τα Παράθυρα Αναφορών και Εντολών αποθηκεύονται μόνον ως αρχεία τύπου *.ltx.

Σημείωση 2.2 Τα Παράθυρα Μοντέλου είναι δυνατό να αποθηκευτούν ως αρχεία οποιουδήποτε από τους τρεις τύπους.

Σημείωση 2.3 Τα σχόλια και άλλες ειδικές μορφοποιήσεις (κενά, εσοχές κλπ.) χάνονται εφόσον το μοντέλο αποθηκευτεί σε κάποιον από τους τύπους LINDO® Packed ή MPS.

Επιπλέον, τα αρχεία τύπου *.lpx και *.mps, όταν διαβάζονται από το LINDO®, μεταφράζονται αυτόματα σε τύπο *.ltx πριν προβληθούν στην οθόνη. Έτσι, με τη χρήση αρχείων *.ltx αποφεύγεται αυτό το ενδιάμεσο βήμα και για αυτό αυτός ο τύπος αρχείου είναι ο τύπος αρχείου που συνιστάται περισσότερο. Όταν ο χρήστης χρησιμοποιεί την εντολή Save, το LINDO® αυτόματα χρησιμοποιεί τον τύπο που είχε το αρχείο όταν το διάβασε. Για να παρακαμφθεί αυτή η διαδικασία, ο χρήστης πρέπει να επιλέξει την εντολή Save As.

Τύπος Αρχείου	Επέκταση	Περιγραφή
LINDO® Text	*.ltx	Το μοντέλο αποθηκεύεται ως αρχείο κειμένου, ακριβώς όπως φαίνεται στην οθόνη του Η/Υ.
LINDO® Packed	*.lpk	Το μοντέλο αποθηκεύεται ως συμπιεσμένο αρχείο ειδικού τύπου. Το αρχείο είναι αρχείο ASCII και μπορεί να μεταφερθεί σε άλλες πλατφόρμες αλλά τα περιεχόμενα δεν είναι δυνατό να διαβαστούν από άλλους επεξεργαστές κειμένου.
MPS	*.mps	Το μοντέλο αποθηκεύεται σε τύπο MPS, που είναι ένας τύπος που βασίζεται σε βιομηχανικό πρότυπο. Αυτός ο τύπος αρχείου απαιτεί μεγαλύτερο χώρο στο δίσκο από ότι οι άλλοι δύο και είναι δύσκολος να ερμηνευτεί. Το πλεονέκτημά του είναι ότι είναι αποδεκτός και από άλλα λογισμικά βελτιστοποίησης γεγονός που του προσδίδει μεγάλη φορητότητα (portability).

Πίνακας 2.1: Τύποι Αρχείων του LINDO®.

2.1.5 Η εντολή Close (F7)

Η εντολή Close κλείνει το ενεργό παράθυρο. Αν ο χρήστης έχει κάνει κάποιες αλλαγές στα περιεχόμενα του παραθύρου, θα του εμφανιστεί ένα παράθυρο, το οποίο ρωτά αν θέλει να αποθηκεύσει τις αλλαγές πριν κλείσει το παράθυρο. Αν δεν τις αποθηκεύσει, τότε όλες οι αλλαγές που έχουν γίνει μετά την τελευταία αποθήκευση χάνονται.

Μία σχετική εντολή με την εντολή Close είναι η Close All (βλ. § 2.5.5).

2.1.6 Η εντολή Print(F8)

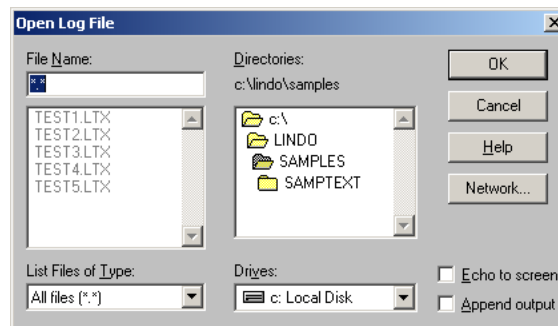
Η εντολή Print στέλνει τα περιεχόμενα του ενεργού παραθύρου στον εκτυπωτή και είναι διαθέσιμη για οποιοδήποτε είδος παραθύρου. Αν για κάποιο λόγο, η εκτύπωση δεν είναι η αναμενόμενη, τότε ο χρήστης πρέπει να ελέγξει τις ρυθμίσεις του εκτυπωτή από την εντολή Printer Setup.

2.1.7 Η εντολή Printer Setup (F9)

Η εντολή Printer Setup εμφανίζει ένα συνηθισμένο παράθυρο διαλόγου Διαμόρφωσης Εκτυπωτή (printer setup), το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να ελέγξει διάφορες παραμέτρους σχετικές με τον τρόπο με τον οποίο θα εκτυπωθεί το έγγραφο. Οι δυνατότητες εκτύπωσης του LINDO® είναι αρκετά περιορισμένες, συνεπώς αρκετές από τις επιλογές που εμφανίζονται σε άλλα λογισμικά δεν είναι εφαρμόσιμες.

2.1.8 Η εντολή Log Output (F10)

Η εντολή Log Output προτρέπει το χρήστη να δώσει ένα όνομα αρχείου, στο οποίο θα στέλνονται όλες οι πληροφορίες που εξάγονται στο Παράθυρο Αναφορών. Χρησιμεύει στη δημιουργία αντιγράφων της λύσης και της ανάλυσης ευαισθησίας. Αυτά τα αρχεία καταγραφής (log files) είναι δυνατό να διαβαστούν από εξωτερικούς επεξεργαστές κειμένου ή να σταλούν στον εκτυπωτή. Όταν ο χρήστης εκτελέσει την εντολή Log Output θα εμφανιστεί ένα παράθυρο διαλόγου σαν αυτό του Σχ. 2.4, το οποίο είναι ένα συνηθισμένο παράθυρο διαλόγου επιλογής αρχείου.



Σχήμα 2.4: Παράθυρο Ανοίγματος Αρχείου Καταγραφής (Open Log File).

Σε αυτό το παράθυρο διαλόγου υπάρχουν δύο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, δύο κουτιά επιλογής στο κάτω δεξί μέρος του παραθύρου με τίτλους Echo to screen και Append output. Η προεπιλεγμένη κατάσταση αυτών των κουτιών είναι να μην είναι επιλεγμένα.

Αν το κουτί Echo to screen δεν είναι επιλεγμένο, όλες οι αλλαγές που γίνονται θα στέλνονται μόνο στο αρχείο καταγραφής και όχι στο Παράθυρο Αναφορών. Αντίθετα αν είναι επιλεγμένο, τότε θα στέλνονται τόσο στο αρχείο καταγραφής όσο και στο Παράθυρο αναφορών. Αν η αναφορά είναι μακροσκελής, τότε η διαδικασία επιταχύνεται σημαντικά αν ο χρήστης επιλέξει να μη στέλνονται οι αλλαγές στην οθόνη.

Αντίστοιχα, αν το κουτί Append output δεν είναι επιλεγμένο, τότε αν υπάρχει αρχείο καταγραφής με το ίδιο όνομα, θα διαγραφεί και θα αποθηκευτεί σε αυτό η τελευταία αναφορά (σε αυτήν την περίπτωση το LINDO® προειδοποιεί ότι θα χαθούν όλα τα προηγούμενα δεδομένα). Αν το κουτί Append output είναι επιλεγμένο, τότε

οι καινούριες αναφορές θα προσάπτονται στο υπάρχον αρχείο, το οποίο θα παραμένει ανοιχτό μέχρι ο χρήστης να αποειπλέξει το κουτί.

2.1.9 Η εντολή Exit (Shift+F6)

Η εντολή Exit εγκαταλείπει το περιβάλλον του LINDO® και επιστρέφει στο περιβάλλον του λειτουργικού συστήματος. Αν υπάρχουν αρχεία στα οποία έχουν γίνει αλλαγές, οι οποίες δεν έχουν αποθηκευτεί, το LINDO® ρωτά το χρήστη, αν θέλει να τις αποθηκεύσει. Ό,τι αλλαγές έχουν γίνει μετά την τελευταία αποθήκευση θα χαθούν.

2.1.10 Άλλες εντολές του μενού File

Το LINDO® παρέχει και άλλες εντολές στο μενού File, όπως τις Take Commands, Basis Read, Basis Save, Title, Date, Time, License. Αυτές οι εντολές είναι είτε για προχωρημένους χρήστες, είτε δεν έχουν ιδιαίτερη χρησιμότητα και το παρόν εγχειρίδιο δεν ασχολείται με αυτές.

2.2 Το Μενού Edit

2.2.1 Η εντολή Undo (Ctrl+Z)

Η εντολή Undo αναιρεί την τελευταία ενέργεια, που έκανε ο χρήστης σε ένα Παράθυρο Επεξεργασίας (Window) και δεν είναι διαθέσιμη στα Παράθυρα Προβολής (View Windows). Περισσότερα για τις διαφορές ανάμεσα στα Παράθυρα Επεξεργασίας και Προβολής υπάρχουν στις § 2.1.2, σελ. 15 και § 2.1.3, σελ. 17.

2.2.2 Η εντολή Cut (Ctrl+X)

Η εντολή Cut χρησιμοποιείται για να αποκοπεί ένα κομμάτι επιλεγμένου κειμένου από ένα Παράθυρο Επεξεργασίας και να επικολληθεί σε ένα άλλο σημείο του παραθύρου. Το επιλεγμένο κείμενο, όταν αποκόπτεται τοποθετείται στο Πρόχειρο (clipboard) των Windows και είναι δυνατό να επικολληθεί και σε άλλες εφαρμογές ή άλλα παράθυρα του LINDO®.

2.2.3 Η εντολή Copy (Ctrl+C)

Η εντολή Copy αντιγράφει ένα κομμάτι επιλεγμένου κειμένου από ένα Παράθυρο Επεξεργασίας και το τοποθετεί στο Πρόχειρο (clipboard) των Windows. Αφού γίνει η αντιγραφή, το κείμενο αυτό είναι δυνατό να επικολληθεί και σε άλλες εφαρμογές ή άλλα παράθυρα του LINDO®.

2.2.4 Η εντολή Paste (Ctrl+V)

Η εντολή Paste επικολλά κείμενο, που βρίσκεται στο Πρόχειρο (clipboard) των Windows σε ένα Παράθυρο Επεξεργασίας στο σημείο στο οποίο βρίσκεται ο δρομέας (cursor). Αν όταν εκτελείται η εντολή Paste είναι επιλεγμένο κείμενο στο Παράθυρο Επεξεργασίας, τότε το κείμενο αυτό αντικαθίσταται από το κείμενο που είναι αποθηκευμένο στο Πρόχειρο. Στο LINDO® είναι δυνατό να επικολληθεί μόνον κείμενο και όχι γραφικά.

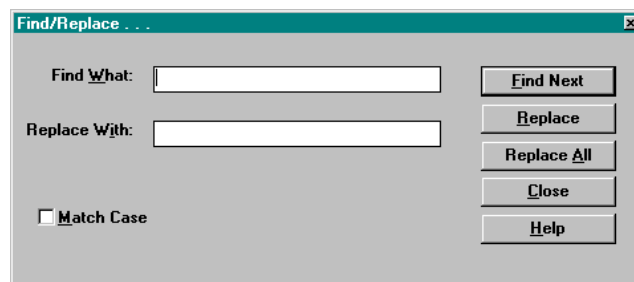
2.2.5 Η εντολή Clear (Del)

Η εντολή Clear χρησιμοποιείται για να διαγραφεί ένα κομμάτι επιλεγμένου κειμένου από ένα Παράθυρο Επεξεργασίας.

Σημείωση 2.4 Το κείμενο που διαγράφεται με την εντολή Clear ή το πλήκτρο **Delete** δεν τοποθετείται στο Πρόχειρο (clipboard) και η εντολή Undo δεν είναι διαθέσιμη για να το επαναφέρει.

2.2.6 Η εντολή Find/Replace (Ctrl+F)

Η εντολή Find/Replace χρησιμοποιείται τόσο σε Παράθυρα Επεξεργασίας όσο και σε Παράθυρα Προβολής, για να εντοπίσει ένα συγκεκριμένο αλφαριθμητικό και προαιρετικά να το αντικαταστήσει με κάποιο άλλο. Μετά την κλήση της εντολής Find/Replace, ο χρήστης θα δει το παράθυρο διαλόγου του Σχ. 2.5.



Σχήμα 2.5: Το παράθυρο διαλόγου Find/Replace.

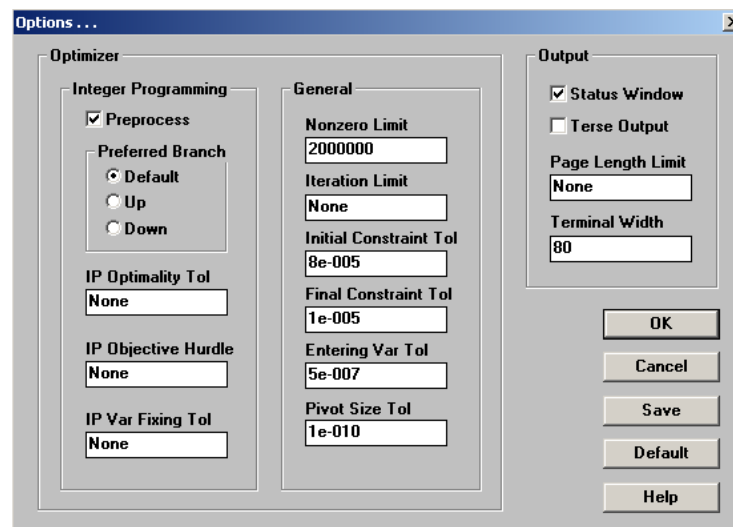
Αν ο χρήστης θέλει απλά να εντοπίσει ένα συγκεκριμένο αλφαριθμητικό, τότε πρέπει να το εισάγει στο πλαίσιο Find What και μετά να πατήσει το κουμπί Find Next. Το LINDO® θα αρχίσει να αναζητά το αλφαριθμητικό από την τρέχουσα θέση του δρομέα (cursor). Αν ο χρήστης θέλει να αρχίσει την αναζήτηση από την αρχή του κειμένου, τότε, πρέπει να χρησιμοποιήσει την εντολή Go To Line για να επανατοποθετήσει το δρομέα στην αρχή, πριν να εκτελέσει την εντολή Find/Replace. Αν επιπλέον,

θέλει να αντικαταστήσει το αλφαριθμητικό με ένα άλλο, τότε πρέπει να γράψει το νέο αλφαριθμητικό στο πλαίσιο Replace With και στη συνέχεια να πατήσει το κουμπί Replace. Την πρώτη φορά, το LINDO® απλά θα μεταβεί στην πρώτο αλφαριθμητικό που θα εντοπίσει το οποίο είναι ίδιο με το υπό αντικατάσταση αλφαριθμητικό. Τότε ο χρήστης πρέπει να πατήσει το πλήκτρο Replace ξανά, οπότε το LINDO® θα κάνει την αντικατάσταση και θα μεταβεί στο επόμενο υπό αντικατάσταση αλφαριθμητικό. Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να αντικαταστήσει όλα τα αλφαριθμητικά που θέλει. Αν δε θέλει να αντικαταστήσει κάποιον, τότε πρέπει να πατήσει το κουμπί Find Next. Η αντικατάσταση όλων των αλφαριθμητικών είναι δυνατό να γίνει πιο γρήγορα με το πάτημα του κουμπιού Replace All. Τότε το LINDO® θα κάνει όλες τις αντικαταστάσεις και θα πληροφορήσει το χρήστη για το συνολικό αριθμό αντικαταστάσεων που έκανε.

Το LINDO® αγνοεί τις διαφορές πεζών/κεφαλαίων γραμμάτων όταν κάνει τις αντικαταστάσεις. Σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει να μην τις αγνοεί, τότε πρέπει να επιλέξει το κουτί Match Case στην κάτω αριστερή γωνία του παραθύρου, προτού ξεκινήσει τις αντικαταστάσεις.

2.2.7 Η εντολή Options (Alt+O)

Η εντολή Options χρησιμοποιείται για να αλλαχθούν κάποιες παράμετροι, οι οποίες έχουν προεπιλεγμένες από το σύστημα τιμές. Όταν εκτελείται η εντολή Options εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου σαν αυτό του Σχ. 2.6.



Σχήμα 2.6: Το Παράθυρο Επιλογών της εντολής Options.

Οι επιλογές του LINDO® παραμένουν ενεργές μέχρι την έξοδο από το λογισμικό. Αν ο χρήστης θέλει οι αλλαγές των τιμών των παραμέτρων που εκτελεί να αποθηκευ-

τούν και μετά την έξοδο από το LINDO[®], τότε πρέπει να πατήσει το κουμπί Save. Σε περίπτωση που θελήσει να επαναφέρει τις προεπιλεγμένες από το LINDO[®] τιμές αρκεί να πατήσει το κουμπί Default.

Οι επιλογές του LINDO[®] διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- (α') **Επιλογές του Βελτιστοποιητή (Optimizer Options):** είναι επιλογές αφορούν στη λειτουργία του μηχανισμού επίλυσης των μοντέλων. Διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο κατηγορίες
 1. σε αυτές που αφορούν τον ακέραιο προγραμματισμό (integer programming), και ξεφεύγουν από τους σκοπούς αυτού του εγχειριδίου και
 2. στις γενικές, οι οποίες είναι για προχωρημένους χρήστες του LINDO[®] και επίσης ξεφεύγουν από τους σκοπούς αυτού του εγχειριδίου.
- (β') **Επιλογές Εξόδου (Output Options) :** είναι επιλογές που επηρεάζουν τον όγκο και τη μορφή της εξόδου από το LINDO[®].

Στις γενικές επιλογές περιλαμβάνονται:

- (α') **Παράθυρο Κατάστασης της Λύσης (Status Window):** Το παράθυρο αυτό εμφανίζεται αυτόματα κάθε φορά που το LINDO[®] ξεκινά να λύσει ένα πρόβλημα (βλ. 1.4, στην § 1.1.5. Το παράθυρο αυτό σταματά να εμφανίζεται, αν ο χρήστης αποεπιλέξει το κουτί ελέγχου Status Window. Αν σε κάποια στιγμή ο χρήστης θέλει να το επαναφέρει μπορεί από την εντολή μενού Open Status Window στο μενού Window.
- (β') **Λακωνική Έξοδος (Terse Output):** Αφού το LINDO[®] επιλύσει ένα μοντέλο, τότε στέλνει αμέσως μία αναφορά λύσης στο Παράθυρο Αναφορών. Αυτή η ενέργεια μπορεί να αποτραπεί, αν ο χρήστης επιλέξει το κουτί ελέγχου Terse Output. Εφόσον ο χρήστης θελήσει να δει την αναφορά λύσης αρκεί να καλέσει την εντολή Solution στο μενού Report.
- (γ') **Όριο Μήκους Σελίδας (Page Length Limit):** Αν ο χρήστης εισάγει ένα όριο μήκους σελίδας (σε γραμμές), τότε το LINDO[®] σταματά τη ροή της εξόδου του κάθε τόσες γραμμές, όσες έχει εισάγει ο χρήστης. Τότε εμφανίζει το παράθυρο του Σχ. 2.7 και περιμένει απάντηση από το χρήστη, για το πότε να συνεχίσει τη ροή. Η επιλογή αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, όταν οι αναφορές είναι πολύ μακροσκελείς και ο χρήστης θέλει να τη μελετήσει προτού αρχίζει και χάνεται πληροφορία λόγω του περιορισμού των 64.000 χαρακτήρων που υπάρχει στα παράθυρα του LINDO[®].
- (δ') **Μήκος Τερματισμού (Terminal Width):** είναι το μέγιστο μήκος (σε χαρακτήρες) που έχουν οι γραμμές σε ένα Παράθυρο Αναφοράς του LINDO[®] και οι γραμμές σε ένα αρχείο από το οποίο διαβάζει δεδομένα το LINDO[®].

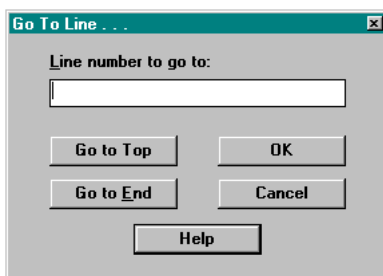


Σχήμα 2.7: Προτροπή του LINDO® στο χρήστη, ώστε να συνεχίσει τη ροή εξόδου.

Στην πρώτη περίπτωση αν μία αναφορά έχει γραμμές με μεγαλύτερο μήκος, το LINDO® προχωρά σε αναδίπλωση της γραμμής, ενώ στη δεύτερη περίπτωση αποκόπτει τους χαρακτήρες που περισσεύουν. Το μήκος τερματισμού δεν μπορεί να πάρει τιμές μικρότερες του 40 ή μεγαλύτερες του 132. Έτσι, απαιτείται μεγάλη προσοχή ειδικά για το διάβασμα δεδομένων να μην ξεπερνά το μήκος τερματισμού που έχει τεθεί, διότι οι επιπλέον χαρακτήρες θα αποκοπούν και αυτό μπορεί να επηρεάζει το μοντέλο. Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα, το LINDO® επιτρέπει τη διάσπαση γραμμών (βλ. § 1.2.7, σελ. 13).

2.2.8 Η εντολή Go To Line (Ctrl+T)

Η εντολή Go To Line επιτρέπει στο χρήστη να μεταπηδήσει σε μία συγκεκριμένη γραμμή στο τρέχον παράθυρο, στην αρχή του παραθύρου ή στο τέλος του. Όταν καλείται η εντολή Go To Line, παρουσιάζεται το παράθυρο διαλόγου του Σχ. 2.8



Σχήμα 2.8: Το παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται με την κλήση της εντολής Go To Line.

Αν ο χρήστης θέλει να μεταβεί σε συγκεκριμένη γραμμή, τότε πρέπει να γράψει τον αριθμό της γραμμής στο πλαίσιο κειμένου Line number to go to και να πατήσει το κουμπί OK. Το LINDO® θα μετακινήσει το δρομέα στη συγκεκριμένη γραμμή. Αν ο χρήστης θέλει να μεταβεί στην αρχή ή το τέλος του παραθύρου, πρέπει να πατήσει τα κουμπιά Go to Top ή Go to End αντίστοιχα.

2.2.9 Η εντολή Select All (Ctrl+A)

Η εντολή Select All επιλέγει όλο το κείμενο στο τρέχον παράθυρο. Ο χρήστης μπορεί μετά να το αντιγράψει (copy), να το αποκόψει (cut) ή να το διαγράψει (delete).

2.2.10 Η εντολή Clear All

Η εντολή Clear All διαγράφει όλα τα περιεχόμενα του τρέχοντος παραθύρου, για παράδειγμα όταν θέλει να διαγράψει όλες τις παλιές αναφορές από το Παράθυρο Αναφορών. Τα περιεχόμενα είναι δυνατό να επανέλθουν με την εντολή Undo (βλ. 2.2.1).

2.2.11 Η εντολή Choose New Font

Η εντολή Choose New Font επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει μία νέα γραμματοσειρά με την οποία θα προβάλλεται ή θα τυπώνεται το κείμενο του ενεργού παραθύρου. Προτείνεται να χρησιμοποιούνται γραμματοσειρές σταθερού μήκους (mono-spaced ή fixed width) όπως η Courier διότι καθιστά τα μοντέλα πιο ευανάγνωστα.

2.3 Το Μενού Solve

2.3.1 Η εντολή Solve (Ctrl+S)

Η εντολή Solve επιλύει το μοντέλο. Αν το μοντέλο είναι σχετικά μικρό, το LINDO® θα λύσει το μοντέλο σε ελάχιστο χρόνο. Αλλιώς είναι δυνατό να πάρει ακόμα και ώρες. Όταν ξεκινά η διαδικασία επίλυσης, εμφανίζεται ένα Παράθυρο Κατάστασης (Status Window) το οποίο μοιάζει με αυτό του Σχ. 1.4. Το Παράθυρο Κατάστασης είναι χρήσιμο για την παρακολούθηση της προόδου της επίλυσης. Μία περιγραφή των διάφορων πεδίων που εμφανίζονται στο Παράθυρο Κατάστασης φαίνεται στον Πίνακα 2.2

Πεδίο	Περιγραφή
Status (Κατάσταση)	Περιγράφει το είδος της λύσης. Δυνατοί χαρακτηρισμοί είναι: Optimal (βέλτιστη), Feasible (εφικτή), Infeasible (ανέφικτη), Unbounded (μη-φραγμένη).
Iterations (Επαναλήψεις)	Αριθμός επαναλήψεων που έχουν γίνει.
Infeasibility (Ανεφικτότητα)	Ποσότητα κατά την οποία έχουν παραβιαστεί οι περιορισμοί.
Objective (Αντικειμενική)	Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης εκείνη τη στιγμή.

συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια από προηγούμενη σελίδα

Πεδίο	Περιγραφή
Best IP	Σχετίζεται αποκλειστικά με προβλήματα Ακέραιου Προγραμματισμού.
IP Bound	Σχετίζεται αποκλειστικά με προβλήματα Ακέραιου Προγραμματισμού.
Branches	Σχετίζεται αποκλειστικά με προβλήματα Ακέραιου Προγραμματισμού.
Elapsed Time (Παρελθών Χρόνος)	Ο χρόνος που πέρασε από τη στιγμή που ξεκίνησε η λύση του προβλήματος.
Update Interval (Διάστημα Ανανέωσης)	Η συχνότητα (σε δευτερόλεπτα) με την οποία το Παράθυρο Κατάστασης ανανεώνεται. Είναι δυνατό να τεθεί από το χρήστη σε οποιαδήποτε μη-αρνητική τιμή. Αν τεθεί στο 0, τότε αυξάνεται ο χρόνος επίλυσης.
Interrupt Solver (Διακοπή Επίλυσης)	Με το πάτημα αυτού του κουμπιού, η επίλυση σταματά και επιστρέφεται η βέλτιστη λύση που είχε βρεθεί μέχρι τη διακοπή της επίλυσης.
Close (Κλείσιμο)	Με το πάτημα αυτού του κουμπιού κλείνει το Παράθυρο Κατάστασης (η επίλυση του προβλήματος πάντως συνεχίζεται). Το παράθυρο κατάστασης είναι δυνατό να ξανανοιχθεί από την εντολή μενού Status Window.

Πίνακας 2.2: Επεξήγηση των πεδίων του Παράθυρου Κατάστασης (Status Window).

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της επίλυσης, η λύση στέλνεται στο Παράθυρο Αναφορών, στο οποίο ο χρήστης μπορεί να τη διαβάσει, να την επεξεργαστεί και να την τυπώσει. Αν το πρόβλημα είναι διατυπωμένο με σωστό τρόπο, το Παράθυρο Κατάστασης θα έχει ήδη πληροφορήσει το χρήστη ότι η βρέθηκε βέλτιστη λύση. Αν το πρόβλημα είναι εφικτό ή μη-φραγμένο, τότε υπάρχει ένα πρόβλημα στις εξισώσεις που περιγράφουν το πρόβλημα. Σε αυτήν την περίπτωση ο χρήστης μπορεί να καταφύγει στην εντολή Debug, ώστε να εντοπίσει τον ή τους περιορισμούς, οι οποίοι δημιουργούν το πρόβλημα.

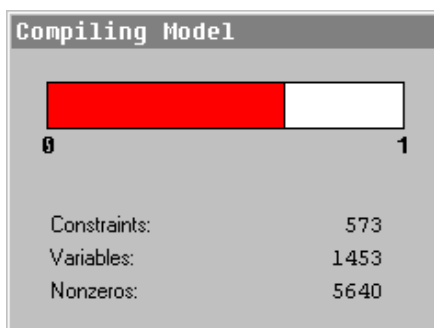
Επειδή το Παράθυρο Αναφορών μπορεί να εμφανίζει κάθε φορά μέχρι 64.000 χαρακτήρες, αν η αναφορά της λύσης περιέχει περισσότερους από 64.000 χαρακτήρες, το LINDO® θα σβήσει όσους χαρακτήρες χρειάζονται από την αρχή της αναφοράς για να

συμπληρώσει ό,τι χρειάζεται στο τέλος. Δηλαδή, στο Παράθυρο Αναφοράς φαίνονται οι τελευταίοι 64.000 χαρακτήρες της αναφοράς της λύσης. Αν το πρόβλημα έχει πολλές μεταβλητές απόφασης και ο χρήστης περιμένει μεγάλη αναφορά λύσης, τότε μπορεί να ζητήσει από το LINDO® να του εμφανίσει **λακωνική λύση** καλώντας την εντολή Options (βλ. § 2.2.7). Εναλλακτικά μπορεί να ζητήσει από το LINDO® η αναφορά της λύσης να αποθηκευτεί σε ένα **αρχείο καταγραφής** (log file) καλώντας την εντολή Log Output (βλ. § 2.1.8).

Τέλος, αφού το LINDO® προβάλλει τη λύση, ρωτά το χρήστη αν θέλει να προβεί σε ανάλυση ευαισθησίας. Αν ο χρήστης απαντήσει θετικά η ανάλυση ευαισθησίας, θα προβληθεί στο Παράθυρο Αναφορών. Αν απαντήσει αρνητικά δε θα προβληθεί στο παράθυρο αναφορών, αλλά μπορεί να τη δει οποιαδήποτε στιγμή θελήσει με την εντολή Range (βλ. § 2.4.2).

2.3.2 Η εντολή Compile Model (Ctrl+E)

Η εντολή Compile Model μεταγλωττίζει, δηλαδή μεταφράζει, το μοντέλο στη μορφή που πρέπει, ώστε να μπορεί να το επιλύσει το LINDO®. Όταν καλείται η εντολή Compile Model εμφανίζεται ένα παράθυρο με μία γραμμή προόδου (progress bar), όπως αυτή του Σχ. 2.9, η οποία ενημερώνει το χρήστη για την πρόοδο της μεταγλώττισης.



Σχήμα 2.9: Παράθυρο προόδου της μεταγλώττισης.

Αν το LINDO® βρει κάποιο συντακτικό σφάλμα κατά τη διάρκεια της μεταγλώττισης, ενημερώνει το χρήστη και τοποθετεί το δρομέα στη γραμμή στην οποία βρήκε το σφάλμα. Αν και το LINDO® κάνει από μόνο του τη μεταγλώττιση, όταν απαιτείται, είναι καλό ο χρήστης να καλεί την εντολή Compile Model ειδικά κατά τη διάρκεια της εισαγωγής του μοντέλου του για τους εξής λόγους:

- (α') γίνεται έλεγχος του μοντέλου κατά την ανάπτυξή του,
- (β') κατά τη μεταγλώττιση του μοντέλου δημιουργούνται οι πίνακες των μεταβλητών και των περιορισμών, τους οποίους συμβουλεύεται η εντολή Paste Symbol και

(γ') όταν καλείται η εντολή Compile Model διαγράφονται οι προηγούμενες αποθηκευμένες λύσεις του μοντέλου (αν υπάρχουν).

2.3.3 Η εντολή Debug (Ctrl+D)

Σε έναν ιδανικό κόσμο, όλα τα μοντέλα που λύνονται από το LINDO® θα επέστρεφαν μία βέλτιστη λύση. Δυστυχώς αυτό δε γίνεται πάντα και έτσι, αργά ή γρήγορα είναι δυνατό να συναντήσει κανείς ανέφικτα ή μη-φραγμένα προβλήματα. Αυτό είναι κυρίως αλήθεια κατά την εξέλιξη του σχεδιασμού ενός έργου. Ο εντοπισμός των σφαλμάτων σε ένα μεγάλο έργο μπορεί να είναι εξαιρετικά χρονοβόρος και δύσκολος. Η εντολή Debug είναι χρήσιμη στον περιορισμό των πιθανά λανθασμένων περιορισμών που καθιστούν ένα πρόβλημα ανέφικτο ή μη-φραγμένο.

Γενικά, το είδος των διορθώσεων, που είναι δυνατό να γίνουν σε έναν περιορισμό είναι ένα από τους επόμενους:

- (α') αλλαγή των δεξιών μελών των περιορισμών,
- (β') αλλαγή της φοράς της ανίσωσης,
- (γ') αλλαγή του συντελεστή μίας από τις μεταβλητές σε κάποιον περιορισμό ή
- (δ') η αλλαγή του άνω ή κάτω φράγματος μίας μεταβλητής.

Αντίστοιχα, το είδος των διορθώσεων που είναι δυνατό να γίνει σε μία στήλη είναι μία από τις επόμενες:

- (α') αλλαγή της αντικειμενικής συνάρτησης,
- (β') αλλαγή του συντελεστή σε κάποιον περιορισμό,
- (γ') αλλαγή της φοράς της ανίσωσης σε κάποιον περιορισμό,
- (δ') να καταστεί το άνω ή κάτω φράγμα μίας μεταβλητής πεπερασμένο.

Αν ένα μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού περιέχει ένα τυπογραφικό λάθος, το οποίο καθιστά το πρόβλημα ανέφικτο. Ο περιορισμός που περιέχει το λάθος θα έχει μία μη-μηδενική σκιάδη τιμή στην Αναφορά των Λύσεων. Η μη-μηδενική σκιάδης τιμή για κάποιον περιορισμό σημαίνει ότι αν 'χαλαρώσει' ο περιορισμός θα μειωθεί το άθροισμα των ανεφικτοτήτων. Αυτό φαίνεται από το παρακάτω παράδειγμα. Ο συντελεστής .55 στη γραμμή 4 θα έπρεπε να είναι 5.5.

```

MAX      3 X + 7 Y
SUBJECT TO
2)      X + 2 Y <= 3
3)      2 X + Y <= 2
4)      .55 X + Y >= 4
END

```

Αν ο χρήστης προσπαθήσει να λύσει αυτό το πρόβλημα, παίρνει την ακόλουθη Αναφορά Λύσης:

NO FEASIBLE SOLUTION AT STEP 1
SUM OF INFEASIBILITIES= 2.483333

VIOLATED ROWS HAVE NEGATIVE SLACK,
OR (EQUALITY ROWS) NONZERO SLACKS.
ROWS CONTRIBUTING TO INFEASIBILITY

HAVE NONZERO DUAL PRICE.

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 10.33333

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X	0.333333	0.000000
Y	1.333333	0.000000
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.483333
3)	0.000000	0.033333
4)	-2.483333	-1.000000

Όλοι οι περιορισμοί έχουν μη-μηδενικές σκιάδεις τιμές, συνεπώς δεν έχουμε κάποιο στοιχείο για το πού είναι το λάθος. Η εντολή Debug προσπαθεί να αναγνωρίσει έναν ή περισσότερους κρίσιμους περιορισμούς. Ένας περιορισμός είναι κρίσιμος αν η παράλειψη αυτού του περιορισμού είναι **ικανή**, ώστε να καταστεί το πρόγραμμα εφικτό. Αυτοί οι περιορισμοί αναγνωρίζονται από την εντολή Debug ως **ικανό σύνολο (SUFFICIENT SET)**.

Προφανώς όλα τα ανέφικτα προβλήματα δεν έχουν απαραίτητα κρίσιμους περιορισμούς. Ανεξάρτητα από το αν βρει κρίσιμους περιορισμούς η εντολή Debug επίσης βρίσκει ένα σύνολο περιορισμών οι οποίοι συνιστούν ένα **αναγκαίο σύνολο NECESSARY SET**. Αναγκαίο σύνολο είναι ένα σύνολο περιορισμών, οι οποίοι καθιστούν το πρόβλημα ανέφικτο αλλά η απουσία κάθε ενός από αυτούς καθιστούν το πρόβλημα εφικτό. Συνεπώς είναι απαραίτητο να γίνει τουλάχιστον μία αλλαγή στο αναγκαίο σύνολο, ώστε το πρόβλημα να καταστεί εφικτό. Εφόσον ο χρήστης καλέσει την εντολή Debug στο παραπάνω μοντέλο, το LINDO® παράγει την παρακάτω αναφορά:

SUFFICIENT SET (ROWS),

CORRECT ONE OF:

4) $0.55 X + Y \geq 4$

NECESSARY SET (ROWS), CORRECT ONE OF:

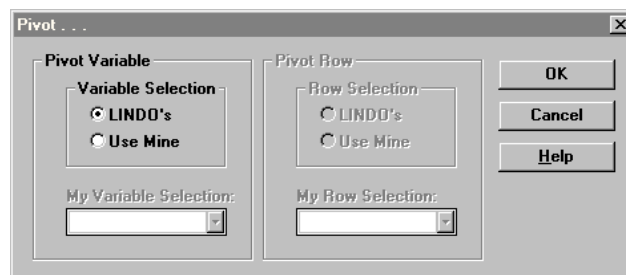
2) $X + 2 Y \leq 3$

Σημειώνεται ότι ο περιορισμός 2), ο οποίος στο συγκεκριμένο πρόβλημα είναι σωστός, δεν εμφανίζεται στο ικανό σύνολο (SUFFICIENT SET) των πιθανά λανθασμένων περιορισμών, ενώ ο περιορισμός 4), που είναι ο λανθασμένος, εμφανίζεται. Έτσι, η εντολή Debug είναι χρήσιμη στο να μειωθούν οι 'ύποπτοι' περιορισμοί, δηλαδή αυτοί που είναι πιθανά λανθασμένοι.

Με τον ίδιο τρόπο η εντολή Debug μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τον ίδιο τρόπο για να βρεθούν σε ένα μη-φραγμένο πρόβλημα οι περιορισμοί, οι οποίοι καθιστούν το πρόβλημα μη-φραγμένο.

2.3.4 Η εντολή Pivot (Ctrl+N)

Η θεμελιώδης λειτουργία του αλγορίθμου simplex περιλαμβάνει την εισαγωγή στη βασική λύση μίας μεταβλητής, η οποία αρχικά είχε την τιμή 0 και την εξαγωγή μίας άλλης στην οποία επιβάλλεται η τιμή 0. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται ως **οδήγηση** (pivot). Η εντολή Pivot επιτρέπει στο χρήστη να επιτελέσει συγκεκριμένες περιστροφές, προαιρετικά επιλέγοντας την εισερχόμενη μεταβλητή και τον αντίστοιχο περιορισμό. Όταν καλείται η εντολή Pivot εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου όπως αυτό του Σχ. 2.10



Σχήμα 2.10: Παράθυρο προόδου της μεταγλώττισης.

Το LINDO® δίνει στο χρήστη δύο δυνατότητες: είτε να επιλέξει το ίδιο τη μεταβλητή (pivot variable) και τον περιορισμό (pivot row) με βάση τα οποία θα κάνει την οδήγηση, είτε να τα επιλέξει ο ίδιος ο χρήστης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο χρήστης θέλει να επιλέξει ο ίδιος τη μεταβλητή οδηγό, οπότε σε αυτήν την περίπτωση του δίνεται η δυνατότητα να επιλέξει και τον περιορισμό οδήγησης. Το τελευταίο θέλει μεγάλη προσοχή, διότι μπορεί να οδηγήσει σε μη-φραγμένες λύσεις. Αν ο χρήστης δεν επιλέξει τον περιορισμό οδήγησης, τότε το LINDO® θα επιλέξει αυτόν που πρέπει.

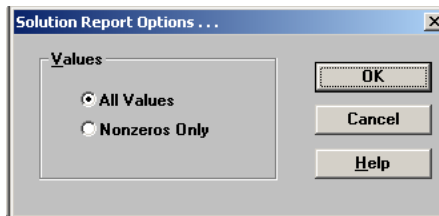
Συνοψίζοντας, η εντολή Pivot έχει μικρή πρακτική σημασία, αλλά είναι ενδιαφέρουσα για όσους μελετούν τον αλγόριθμο simplex ειδικά όταν συνδυάζεται με την εντολή Tableau. Η τελευταία όταν καλείται δείχνει το τρέχον simplex tableau και βοηθά το χρήστη να αποφασίσει σωστά όσον αφορά ποια μεταβλητή θα χρησιμοποιηθεί για την οδήγηση. Για περισσότερες πληροφορίες και ένα παράδειγμα χρήσης των εντολών Pivot και Tableau βλ. § 2.4.3, σελ. 33.

2.4 Το Μενού Reports

2.4.1 Η εντολή Solution (Alt+0)

Η εντολή Solution στέλνει μία αναφορά λύσης (για το πρόβλημα το οποίο περιγράφεται στο ενεργό Παράθυρο Μοντέλου) στο Παράθυρο Αναφορών. Κανονικά, το LINDO® παράγει αυτόματα μία αναφορά λύσης κατά την εκτέλεση της εντολής Solve, αλλά είναι πιθανό ο χρήστης να έχει απενεργοποιήσει αυτήν τη δυνατότητα από την εντολή Options αν έχει ενεργοποιήσει την επιλογή Terse mode. Σε αυτήν την περίπτωση, ο χρήστης πρέπει να τρέξει την εντολή Solution για να πάρει μία αναφορά λύσης.

Κατά την εκτέλεση της εντολής Solution, εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου του Σχ. 2.11 στο οποίο το LINDO® ρωτά το χρήστη αν θέλει στην αναφορά λύσης να συμπεριληφθούν όλες οι μεταβλητές (All Values) ή μόνον αυτές που έχουν μη μηδενική τιμή (Nonzeros Only). Αν ο χρήστης επιλέξει να εμφανιστούν μόνον οι μη-μηδενικές τιμές, τότε το LINDO® θα εμφανίσει στην αναφορά λύσεις μόνον τις μεταβλητές που έχουν μη-μηδενικές τιμές αλλά και μόνον τους δεσμευτικούς περιορισμούς. Η επιλογή αυτή είναι χρήσιμη σε προβλήματα με πολλές μεταβλητές, διότι περικόπτει σημαντικά το μήκος της αναφοράς λύσης.



Σχήμα 2.11: Το Παράθυρο Επιλογών για την Αναφορά της Λύσης

2.4.2 Η εντολή Range (Alt+1)

Η εντολή Range δημιουργεί μία αναφορά διαστημάτων (δηλ. επιτελεί ανάλυση ευαισθησίας) για το ενεργό Παράθυρο Μοντέλου. Η αναφορά διαστημάτων περιλαμβάνει:

- (α') τα ονόματα των μεταβλητών με τους αντίστοιχους αντικειμενικούς συντελεστές και τις επιτρεπτές αυξήσεις και μειώσεις στις τιμές των αντίστοιχων συντελεστών (διαστήματα εφικτότητας) και
- (β') τα ονόματα ή τους αριθμούς των περιορισμών με τους αντίστοιχους σταθερούς όρους και τις επιτρεπτές αυξήσεις και μειώσεις στις τιμές των σταθερών όρων (διαστήματα αριστότητας).

Σημείωση 2.5 Για να επιτελεστεί η ανάλυση ευαισθησίας, πρέπει προηγουμένως το πρόβλημα να έχει επιλυθεί (βλ. § 2.3.1)

Η αναφορά διαστημάτων για ένα μικρό πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού μοιάζει με αυτήν του Σχ. 2.12 και ερμηνεύεται ως εξής:

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:			
VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
HOME	100.000000	INFINITY	25.000000
PRO	150.000000	50.000000	150.000000

ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	10.000000	6.000000	10.000000
3	12.000000	INFINITY	9.000000
4	16.000000	18.000000	6.000000

Σχήμα 2.12: Το Παράθυρο Διαστημάτων του LINDO®.

- (α') στην πρώτη ενότητα της αναφοράς (OBJ COEFFICIENT RANGES, δηλαδή, 'διαστήματα αντικειμενικών συντελεστών') για κάθε μεταβλητή δίνεται οι τιμές κατά τις οποίες ο αντικειμενικός συντελεστής μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί, χωρίς η αλλαγή αυτή να προκαλέσει και αλλαγή της βέλτιστης λύσης.
- (β') Στη δεύτερη ενότητα (RIGHTHAND SIDE RANGES, δηλαδή, 'διαστήματα δεξιών μελών') για κάθε περιορισμό δίνονται οι τιμές κατά τις οποίες μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί η τιμή του δεξιού μέλους του περιορισμού, χωρίς να προκληθεί αλλαγή της βέλτιστης λύσης.

Για παράδειγμα, για την αναφορά του Σχ. 2.12, η επιτρεπτή μείωση της μεταβλητής HOME είναι άπειρη (INFINITY) ενώ η επιτρεπτή αύξηση είναι το πολύ 25. Άρα αν η τιμή του αντικειμενικού συντελεστή της HOME αλλαχθεί από 100 σε $100+24.9=124.9$ η αλλαγή αυτή δε θα επιφέρει καμία αλλαγή στη βέλτιστη λύση, βλ. Σχ. 2.13(α'), 2.13(β'). Αντίθετα, αν η τιμή του αντικειμενικού συντελεστή της HOME αλλαχθεί από 100 σε $100-25.1=74.9$ η αλλαγή αυτή θα επιφέρει αλλαγή στη βέλτιστη λύση (βλ. Σχ. 2.13(γ'), 2.13(δ')).

2.4.3 Η εντολή Tableau (Alt+7)

Η εντολή Tableau δείχνει το τρέχον simplex tableau και παρέχει ένα χρήσιμο τρόπο για να παρατηρεί ο χρήστης τον αλγόριθμο simplex σε κάθε του βήμα, ειδικά όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την εντολή Pivot. Η εντολή Tableau προβάλλει τις μεταβλητές στην πρώτη γραμμή, τον αριθμό των περιορισμών (ROW) στην πρώτη στήλη,

```

MAX 75.1 HOME + 150 PRO
ST
    HOME < 10
    PRO < 12
    HOME + 2 PRO < 16
END
    
```

(α') Αλλαγή του αντικειμενικού συντελεστή από 100 σε 75.1.

```

Reports Window
LP OPTIMUM FOUND AT STEP      0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)      1201.000

VARIABLE      VALUE      REDUCED COST
HOME          10.000000      0.000000
PRO           3.000000      0.000000

ROW  SLACK OR SURPLUS  DUAL PRICES
 2)      0.000000      0.100000
 3)      9.000000      0.000000
 4)      0.000000      75.000000

NO. ITERATIONS=      0
    
```

(β') Η λύση για το μοντέλο του Σχ. 2.13(α').

```

MAX 74.9 HOME + 150 PRO
ST
    HOME < 10
    PRO < 12
    HOME + 2 PRO < 16
END
    
```

(γ') Αλλαγή του αντικειμενικού συντελεστή από 100 σε 74.9.

```

Reports Window
LP OPTIMUM FOUND AT STEP      1

OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)      1200.000

VARIABLE      VALUE      REDUCED COST
HOME           0.000000      0.099998
PRO            8.000000      0.000000

ROW  SLACK OR SURPLUS  DUAL PRICES
 2)     10.000000      0.000000
 3)      4.000000      0.000000
 4)      0.000000      75.000000

NO. ITERATIONS=      1
    
```

(δ') Η λύση για το μοντέλο του Σχ. 2.13(γ').

Σχήμα 2.13: Για μείωση του αντικειμενικού συντελεστή της μεταβλητής HOME μέχρι 25 η βέλτιστη λύση παραμένει η ίδια: $\vec{x} = (10, 3)^T$, ενώ για μείωση μεγαλύτερη από 25, η βέλτιστη λύση αλλάζει σε $\vec{x} = (0, 8)^T$.

τη βασική λύση (BASIS στη δεύτερη στήλη, τα τρέχοντα δεξιά μέλη των περιορισμών στην τελευταία στήλη (στην πρώτη γραμμή της στήλης αυτής φαίνεται η τρέχουσα τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης) και το συντελεστή της κάθε μεταβλητής στις άλλες γραμμές και στήλες

Η αναφορά του Tableau συμμορφώνεται με την τιμή της παραμέτρου του τερματικού μήκους (Terminal Width). Για περισσότερες λεπτομέρειες βλ. § 2.2.7, σελ. 24.

Παράδειγμα χρήσης των εντολών Pivot και Tableau

Ας υποθεθεί ότι το μοντέλο προς επίλυση είναι αυτό που φαίνεται στο Σχ. 2.14(α'). Είναι λογικό ο χρήστης να επιλέξει να εισάγει πρώτα τη μεταβλητή Y στη βασική λύση, αφού έχει το μεγαλύτερο αντικειμενικό συντελεστή (δηλαδή συνεισφέρει περισσότερο στη μεγιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης από ότι η μεταβλητή X). Άρα θα πρέπει να καλέσει την εντολή Pivot και στο αντίστοιχο παράθυρο διαλόγου να επιλέξει για τη μεταβλητή οδηγό Use mine. Στο πλαίσιο κειμένου My Variable Selection θα πρέπει να γράψει Y και εφόσον θέλει να επιλέξει και τον περιορισμό οδήγησης, θα πρέπει να επιλέξει τον περιορισμό 4), αφού αυτός επιβάλλει τον πιο αυστηρό περιορισμό (αφού $\frac{120}{2} = 60 < 70$) (βλ. Σχ. 2.14(β')). Το LINDO® εκτελεί τότε τη διαδικασία οδήγησης και επιστρέφει μία περίληψη των αποτελεσμάτων στο Παράθυρο Αναφορών (βλ. Σχ. 2.14(γ')), το οποίο λέει ότι

‘η μεταβλητή Y εισήλθε στη βασική λύση με τιμή 60 στη γραμμή (περιορισμό) 4),
οπότε η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης έγινε 1800’.

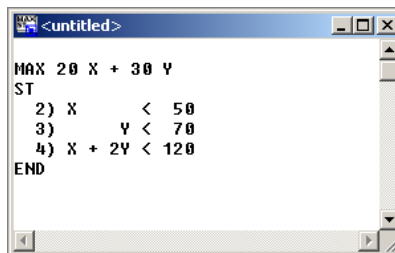
Στη συνέχεια ο χρήστης θα πρέπει να ελέγξει το simplex tableau, πριν προχωρήσει στην επόμενη οδήγηση. Αυτό γίνεται με κλήση της εντολής Tableau, οπότε το LINDO® θα εμφανίσει ένα παράθυρο σαν αυτό του Σχ. 2.14(δ'). Από το simplex tableau είναι προφανές ότι η επόμενη μεταβλητή οδηγός είναι η X λόγω του αρνητικού ευκαιριακού του κόστους (-5 στη γραμμή (περιορισμό) 1). Επιπλέον, ο πιο αυστηρός περιορισμός είναι ο περιορισμός 2) (αφού $\frac{10}{-0.5} < 0$ και $\frac{50}{1} < \frac{60}{0.5} = 120$), συνεπώς αυτός θα πρέπει να είναι ο περιορισμός οδήγησης. Άρα ο χρήστης θα πρέπει να καλέσει την εντολή pivot και να κάνει τα αντίστοιχα βήματα όπως προηγουμένως, οπότε θα ενημερωθεί από το LINDO® ότι

‘η μεταβλητή X εισήλθε στη βασική λύση με τιμή 50 στη γραμμή (περιορισμό) 2),
οπότε η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης έγινε 2050’.

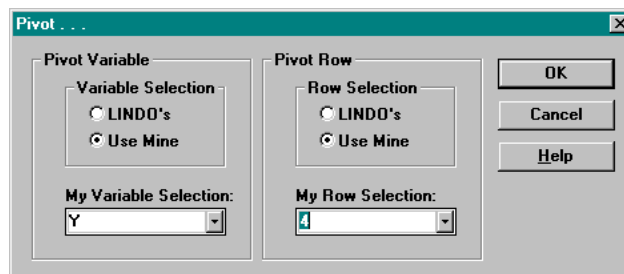
Η τελευταία είναι και η βέλτιστη λύση (μετά από έλεγχο του simplex tableau). Αν ο χρήστης θέλει να δει την Αναφορά Λύσης, τότε μπορεί να καλέσει την εντολή Solution.

2.4.4 Η εντολή Formulation (Alt+8)

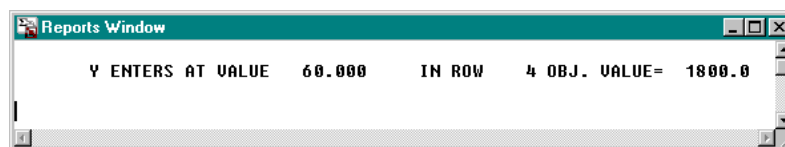
Η εντολή Formulation χρησιμοποιείται για να προβάλλει ολόκληρο ή επιλεγμένο μέρος του μοντέλου στο Παράθυρο Αναφορών στη μεταγλωττισμένη μορφή που καταλαβαίνει



(α') Το πρόβλημα προς επίλυση.



(β') Επιλογή της μεταβλητής και του περιορισμού οδήγησης



(γ') Το Παράθυρο Αναφορών μετά την επιλογή του Σχ. 2.14(β').

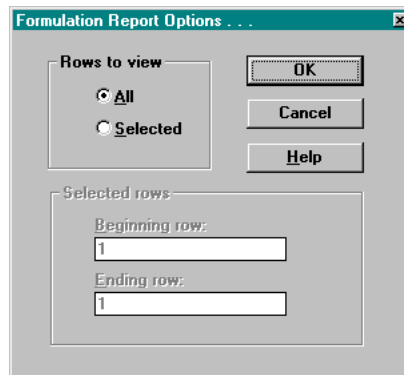
THE TABLEAU							
ROW (BASIS)		X	Y	SLK 2	SLK 3	SLK 4	
1	ART	-5.000	0.000	0.000	0.000	15.00	1800.000
2	SLK 2	1.000	0.000	1.000	0.000	0.00	50.000
3	SLK 3	-0.500	0.000	0.000	1.000	-0.50	10.000
4	Y	0.500	1.000	0.000	0.000	0.50	60.000

(δ') Το simplex tableau που προκύπτει από την οδήγηση με μεταβλητή οδηγό την Y και τον περιορισμό 4). Οι SLK 2, SLK 3 και SLK 4 είναι οι περιθώριες μεταβλητές που εισάγονται, ώστε το μοντέλο να έρθει στην τυπική μορφή προβλήματος simplex.

Σχήμα 2.14: Παράδειγμα χρήσης των εντολών Pivot και Tableau

το LINDO®. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα σχόλια και άλλες ειδικές μορφοποιήσεις (εσοχές, συνεχόμενα κενά κλπ.) να μην είναι ορατά.

Όταν ο χρήστης καλέσει την εντολή Formulation παρουσιάζεται το παράθυρο διαλόγου του Σχ. 2.15. Στο κουτί με τίτλο Rows to view, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αν θέλει να δει όλες τις γραμμές (περιορισμούς) ή κάποιες γραμμές μόνον. Αν επιλέξει να δει κάποιες γραμμές μόνον, τότε το κουτί με τίτλο Selected rows ενεργοποιείται και μπορεί να καταχωρίσει περιοχές γραμμών τις οποίες θέλει να δει.



Σχήμα 2.15: Το παράθυρο διαλόγου Επιλογών Διατύπωσης Αναφοράς.

2.4.5 Η εντολή Show Column (Alt+9)

Η εντολή Show Column δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δει τα στοιχεία που αναφέρονται σε μία στήλη (μία μεταβλητή). Αυτή η δυνατότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν το μοντέλο είναι πολύ μεγάλο (έχει πολλές μεταβλητές).

2.5 Το Μενού Window

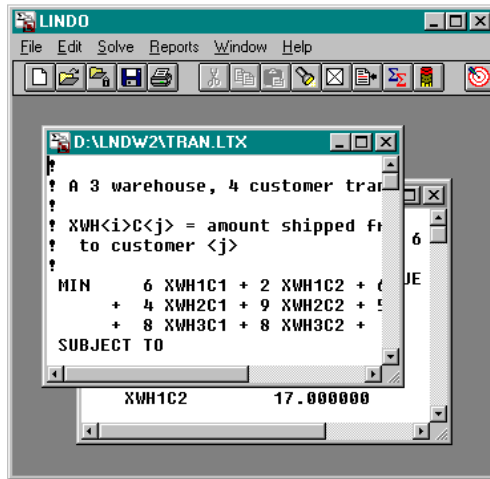
2.5.1 Η εντολή Open Status Window

Όταν το LINDO® ξεκινά την επίλυση ενός μοντέλου, εμφανίζει αυτόματα ένα Παράθυρο Κατάστασης Λύσης, όπως αυτό του Σχ. 1.4, το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να παρακολουθεί την πρόοδο του μηχανισμού επίλυσης του LINDO®. Η εντολή Open Status Window εμφανίζει αυτό το παράθυρο οποιαδήποτε στιγμή θελήσει ο χρήστης και όχι μόνον όταν ξεκινά η λύση.

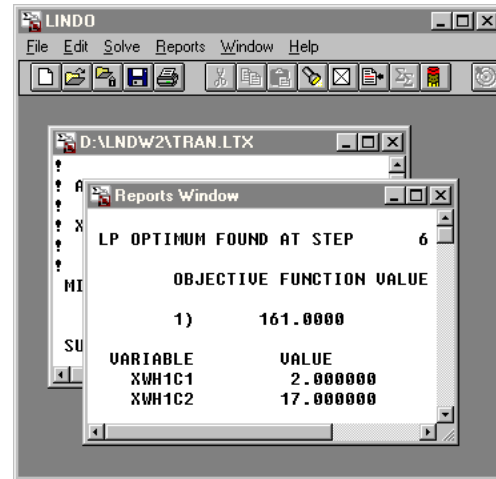
2.5.2 Η εντολή Send to Back (Ctrl+B)

Η εντολή Send to Back στέλνει το ενεργό παράθυρο πίσω από όλα τα άλλα που είναι ανοιχτά. Η εντολή αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την εναλλαγή ανάμεσα στο Παρά-

θυρο Μοντέλου και το Παράθυρο Αναφορών. Για παράδειγμα, αν τα παράθυρα είναι τοποθετημένα όπως φαίνεται στο Σχ. 2.16(α'), δηλαδή το Παράθυρο του Μοντέλου βρίσκεται μπροστά από το Παράθυρο των Αναφορών, μετά την κλήση της εντολής Send To Back, το Παράθυρο Αναφορών θα έρθει στο προσκήνιο και το Παράθυρο Μοντέλου θα σταλεί πίσω από το Παράθυρο Αναφορών (βλ. Σχ. 2.16(β'))



(α') Το Παράθυρο Μοντέλου είναι στο προσκήνιο.



(β') Μετά την κλήση της εντολής Send To Back το Παράθυρο Μοντέλου έρχεται στο προσκήνιο.

Σχήμα 2.16: Η εντολή Send to Back.

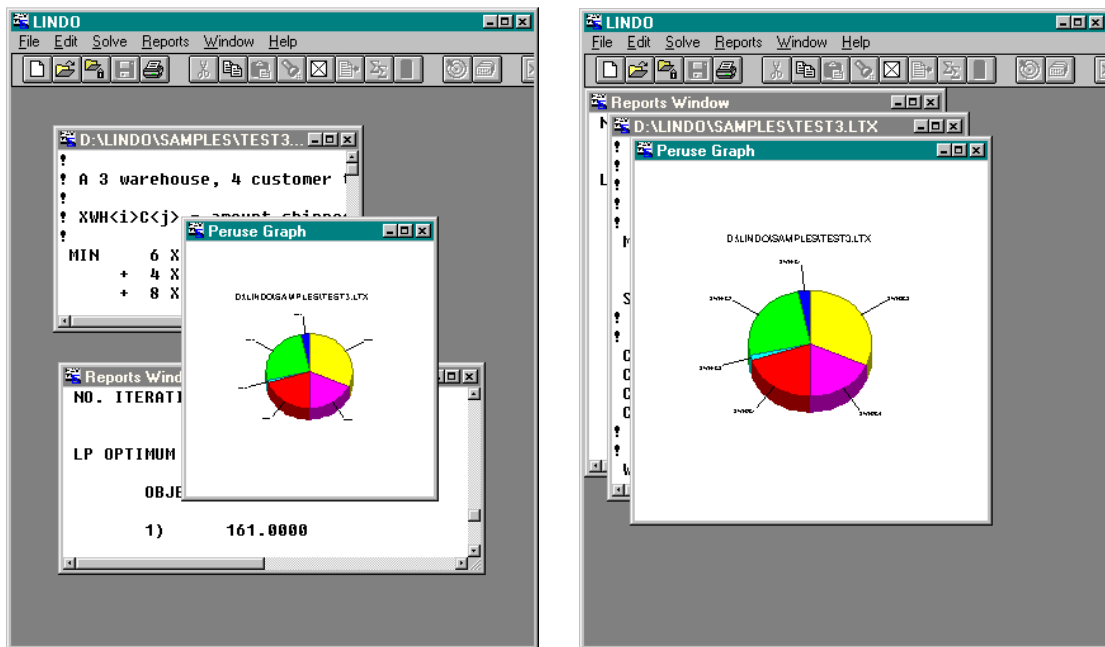
Σημείωση 2.6 Στο Σχ. 2.16 τα παράθυρα δεν είναι μεγιστοποιημένα, ώστε να είναι προφανής στο χρήστη η λειτουργία της εντολής Send To Back. Παρόλα αυτά η εντολή αυτή είναι πιο χρήσιμη όταν τα παράθυρα είναι μεγιστοποιημένα.

2.5.3 Η εντολή Cascade (Alt+A)

Η εντολή Cascade τακτοποιεί όλα τα ανοιχτά παράθυρα σε μορφή καταρράκτη από την πάνω αριστερή γωνία προς την κάτω δεξιά γωνία με το ενεργό παράθυρο πάνω από όλα τα παράθυρα. Για παράδειγμα αν τα παράθυρα είναι τακτοποιημένα όπως στο Σχ. 2.17(α') και κληθεί η εντολή Cascade, τότε τα παράθυρα θα επανατοποθετηθούν όπως στο Σχ. 2.17(β').

2.5.4 Η εντολή Tile (Alt+T)

Η εντολή Tile τακτοποιεί όλα τα παράθυρα του LINDO® σε παράθεση (το ένα δίπλα στο άλλο). Το μέγεθος κάθε παραθύρου τροποποιείται, ώστε όλα τα παράθυρα να



(α') Τα παράθυρα σε τυχαίες θέσεις

(β') Τα παράθυρα σε παράθεση καταρράκτη.

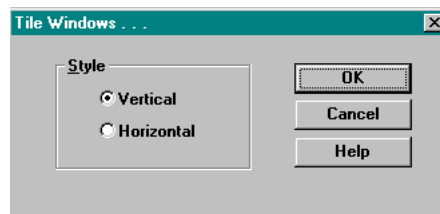
Σχήμα 2.17: Η εντολή Cascade.

έχουν λίγο πολύ το ίδιο μέγεθος. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε οριζόντια ή κάθετη παράθεση, οπότε το LINDO® προσπαθεί να μεγιστοποιήσει την οριζόντια ή κάθετη διάσταση των παραθύρων αντίστοιχα.

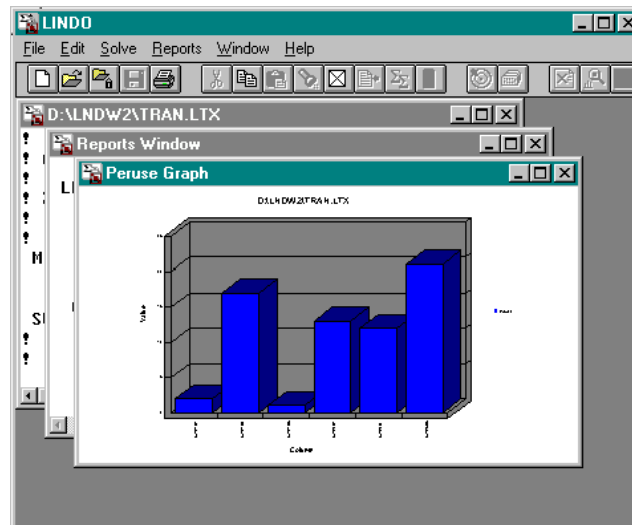
Η κλήση της εντολής LINDO® εμφανίζει ένα παράθυρο διαλόγου όπως αυτό του Σχ. 2.18. Αν υπάρχουν περισσότερα από τρία ανοιχτά παράθυρα, τότε το LINDO® τα παραθέτει αλλά η επιλογή οριζόντια ή κάθετη παράθεση δεν παίζει κανένα ρόλο. Για παράδειγμα αν υποθέσουμε ότι υπάρχουν τρία ανοιχτά παράθυρα όπως στο Σχ. 2.18(β') και κληθεί η εντολή lindo, τότε είτε ο χρήστης επιλέξει οριζόντια, είτε κάθετη παράθεση, τα παράθυρα επανατοποθετούνται όπως στο Σχ. 2.18(γ').

2.5.5 Η εντολή Close All (Alt+X)

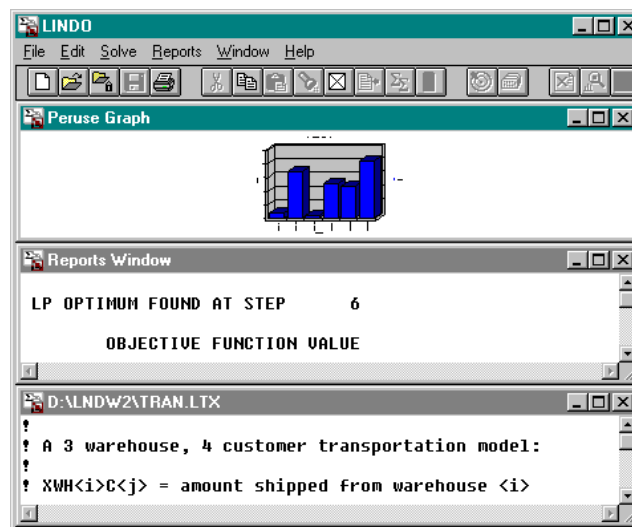
Η εντολή Close All κλείνει όλα τα ανοιχτά παράθυρα και παράθυρα διαλόγου. Αν ο χρήστης έχει κάνει κάποια αλλαγή σε κάποιο Παράθυρο Μοντέλου μετά την τελευταία αποθήκευση, τότε το LINDO® θα τον ρωτήσει αν θέλει να αποθηκεύσει τις τελευταίες αλλαγές.



(α') Το παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται με την κλήση της εντολής Tile.



(β') Παράθυρα πριν την εκτέλεση της εντολής Tile.















(γ') Τα παράθυρα του Σχ. 2.18(β') μετά την εκτέλεση της εντολής Tile.

Σχήμα 2.18: Η εντολή Tile.

2.5.6 Η εντολή Arrange Icons (Alt+I)

Η εντολή Arrange Icons, βάζει στη σειρά όλα τα εικονίδια των ελαχιστοποιημένων ανοιχτών παραθύρων στην κάτω αριστερή γωνία του παραθύρου του LINDO®.

2.6 Η Γραμμή Εργαλείων Menu Bar του LINDO®

Εικονίδιο	Εντολή	Περιγραφή
	Δημιουργία Μοντέλου (New)	§ 2.1.1, σελ. 15.
	Άνοιγμα Μοντέλου (Open)	§ 2.1.2, σελ. 15.
	Προβολή (View)	§ 2.1.3, σελ. 17.
	Αποθήκευση (Save)	§ 2.1.4, σελ. 17.
	Εκτύπωση (Print)	§ 2.1.6, σελ. 19.
	Αποκοπή (Cut)	§ 2.2.2, σελ. 21.
	Αντιγραφή (Copy)	§ 2.2.3, σελ. 21.
	Επικόλληση (Paste)	§ 2.2.4, σελ. 22.
	Εύρεση/Αντικατάσταση (Find/Replace)	§ 2.2.6, σελ. 22.
	Επιλογές (Options)	§ 2.2.7, σελ. 23.
	Πήγαινε στη Γραμμή (Go To Line)	§ 2.2.8, σελ. 25.
	Επικόλληση Συμβόλου (Paste Symbol)	–

συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια από προηγούμενη σελίδα

Εικονίδιο	Εντολή	Περιγραφή
	Εκκαθάριση Όλων (Clear All)	§ 2.2.10, σελ. 26.
	Επίλυση (Solve)	§ 2.3.1, σελ. 26.
	Μεταγλώττιση (Compile Model)	§ 2.3.2, σελ. 28.
	Λύση (Solution)	§ 2.4.1, σελ. 32.
	Προσεκτικό Διάβασμα (Peruse)	–
	Εικόνα (Picture)	–
	Εναλλαγή Παραθύρων (Send to Back)	§ 2.5.2, σελ. 37.
	Παράθεση Παραθύρων (Tile)	§ 2.5.4, σελ. 38.
	Κλείσιμο Παραθύρου (Close)	§ 2.1.5, σελ. 19.
	Βοήθεια (Help)	–

Πίνακας 2.3: Η Γραμμή Εργαλείων Menu Bar του LINDO®.

Μέρος II
Εργαστηριακές Ασκήσεις

Εργαστήριο 1

Εισαγωγή στο LINDO®

1.1 Σκοπός

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού είναι η εξοικείωση του σπουδαστή με το περιβάλλον και τη χρήση του LINDO® στην επίλυση απλών προβλημάτων.

1.2 Θεωρητικό Μέρος

Γραφική επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού με δύο μεταβλητές απόφασης.

1.3 Εργαστηριακό Μέρος

Δραστηριότητα 1.3.1

Να διαβάσετε το Κεφάλαιο 1 και να λύσετε το πρόβλημα της § 1.1.1 στο LINDO®.

Δραστηριότητα 1.3.2

Να επιλυθούν τα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού με το LINDO®:

(α)

$$\text{maximize: } 2x_1 + x_2$$

$$2x_1 + x_2 \leq 4$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 3$$

$$4x_1 + x_2 \leq 5$$

$$x_1 + 5x_2 \leq 1$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

(β')

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize: } x_1 + 3x_2 \\
 &-x_1 - x_2 \leq -3 \\
 &-x_1 + x_2 \leq -1 \\
 &x_1 + 2x_2 \leq 4 \\
 &x_1, x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

(γ')

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize: } x_1 + 3x_2 \\
 &-x_1 - x_2 \leq -3 \\
 &-x_1 + x_2 \leq -1 \\
 &x_1 + 2x_2 \leq 2 \\
 &x_1, x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

(δ')

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize: } x_1 + 3x_2 \\
 &-x_1 - x_2 \leq -3 \\
 &-x_1 + x_2 \leq -1 \\
 &-x_1 + 2x_2 \leq 2 \\
 &x_1, x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

(ε')

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize: } 3x_1 + 2x_2 \\
 &x_1 - 2x_2 \leq 1 \\
 &x_1 - x_2 \leq 2 \\
 &2x_1 - x_2 \leq 6 \\
 &x_1 \leq 5 \\
 &2x_1 + x_2 \leq 16 \\
 &x_1 + x_2 \leq 12 \\
 &x_1 + 2x_2 \leq 21 \\
 &x_2 \leq 10 \\
 &x_1, x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

1.4 Εργασία προς Παράδοση

Να επιλυθούν τα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού της Δραστηριότητας 1.3.2 με τη γραφική μέθοδο επίλυσης. Να συγκριθούν με τα αποτελέσματα του LINDO®.

Χώρος για Σημειώσεις Σπουδαστών

Εργαστήριο 2

Ανάλυση Ευαισθησίας με το LINDO®

2.1 Σκοπός

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού είναι η εξοικείωση του σπουδαστή με το περιβάλλον και τη χρήση του LINDO® στην επίλυση και την ανάλυση ευαισθησίας απλών προβλημάτων.

2.2 Θεωρητικό Μέρος

Γραφική επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού με δύο μεταβλητές απόφασης.

2.3 Εργαστηριακό Μέρος

Δραστηριότητα 2.3.1

Να επιλυθούν τα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού με το LINDO® και να γίνει ανάλυση ευαισθησίας για τους αντικειμενικούς συντελεστές και τα δεξιά μέλη των περιορισμών:

(α')

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize: } 2x_1 + x_2 \\
 &2x_1 + x_2 \leq 4 \\
 &2x_1 + 3x_2 \leq 3 \\
 &4x_1 + x_2 \leq 5 \\
 &x_1 + 5x_2 \leq 1 \\
 &x_1, x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

(β')

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize: } x_1 + 3x_2 \\
 &-x_1 - x_2 \leq -3 \\
 &-x_1 + x_2 \leq -1 \\
 &x_1 + 2x_2 \leq 4 \\
 &x_1, x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

(γ')

$$\begin{aligned}
 &\text{maximize: } 3x_1 + 2x_2 \\
 &x_1 - 2x_2 \leq 1 \\
 &x_1 - x_2 \leq 2 \\
 &2x_1 - x_2 \leq 6 \\
 &x_1 \leq 5 \\
 &2x_1 + x_2 \leq 16 \\
 &x_1 + x_2 \leq 12 \\
 &x_1 + 2x_2 \leq 21 \\
 &x_2 \leq 10 \\
 &x_1, x_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

2.4 Εργασία προς Παράδοση

Τα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού της Δραστηριότητας 2.3.1 είναι αυτά που λύθηκαν στη Δραστηριότητα 1.3.2. Να γίνει ανάλυση ευαισθησίας των παραπάνω προβλημάτων με τη γραφική μέθοδο. Να συγκριθούν με τα αποτελέσματα του LINDO®.

Χώρος για Σημειώσεις Σπουδαστών

Εργαστήριο 3

Ανάλυση Ευαισθησίας με το LINDO®

3.1 Σκοπός

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού η διατύπωση, επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας απλών προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού από το σπουδαστή. Ακόμα ο εντοπισμός περιορισμών LINDO® (όπως και κάθε εφαρμογής επίλυσης αριθμητικών προβλημάτων με Η/Υ) όσον αφορά σε σφάλματα στρογγυλοποίησης και αποκοπής σε αριθμούς κινητής υποδιαστολής.

3.2 Θεωρητικό Μέρος

Γραφική επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού με δύο μεταβλητές απόφασης.

3.3 Εργαστηριακό Μέρος

Δραστηριότητα 3.3.1

Μία οικογενειακή αγροτική επιχείρηση διαθέτει 410 στρέμματα καλλιεργήσιμης γης στην περιοχή των Σερρών, στην οποία καλλιεργεί καπνό και ρύζι. Κάθε στρέμμα που καλλιεργείται με καπνό κοστίζει κατά μέσο όρο € 105,00 ενώ κάθε στρέμμα ρυζιού κοστίζει αντίστοιχα € 210,00. Η επιχείρηση αυτή διαθέτει έναν προϋπολογισμό € 52.500,00 για την τρέχουσα χρονιά. Επιπλέον, ο Αγροτικός Συνεταιρισμός Σερρών περιορίζει το πλήθος των στρεμμάτων, που μπορούν καλλιεργηθούν με ρύζι σε 100 και το κάθε στρέμμα καπνού αποδίδει κατά μέσο όρο € 300,00 καθαρό κέρδος ενώ το κάθε στρέμμα ρυζιού € 520,00.

- (α') Να διαμορφωθεί ένα πρότυπο πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού για τον προσδιορισμό του βέλτιστου τρόπου καλλιέργειας.
- (β') Να βρεθεί η βέλτιστη λύση του προβλήματος αυτού με το LINDO® (δηλαδή να βρεθεί πόση έκταση θα καλλιεργηθεί από το κάθε προϊόν και πόσο θα είναι το καθαρό κέρδος). Θα μείνει ακαλλιεργητη έκταση και αν ναι, πόση; Θα καλλιεργηθούν όλα τα επιτρεπόμενα στρέμματα ρυζιού;
- (γ') Ένας γείτονας προσπαθεί να πείσει την επιχείρηση αυτή να νοικιάσει τη δική του γη προς € 100,00 το στρέμμα. Θα πρέπει να δεχθεί;
- (δ') Αν υποτεθεί ότι η επιχείρηση αυτή σκέφτεται να πάρει ένα δάνειο, ώστε να αυξήσει τον προϋπολογισμό της. Ο τόκος για το δάνειο αυτό είναι 25%. Συμφέρει να προχωρήσει στη σύναψη του δανείου;
- (ε') Σε πόσα € πρέπει να ανέρχεται το μέσο κέρδος ανά στρέμμα καπνού, ώστε η επιχείρηση να καλλιεργεί μόνον καπνό;
- (ς') Αν η επιχείρηση αυτή αποφασίσει να μειώσει την καλλιεργήσιμη γη κατά 50 στρέμματα, πώς επηρεάζεται το βέλτιστο σχέδιο καλλιέργειας για τον καπνό;

Δραστηριότητα 3.3.2 (Βιβλίο Θεωρίας Ασκ. 1.47, σελ. 147)

Ο Μητσάρας έχει μία Harley Davidson και ένα τζιπ. Με τη μηχανή διανύει κατά μέσο όρο 45 χιλιόμετρα το λίτρο, χρησιμοποιώντας super αμόλυβδη που κοστίζει € 1,35 το λίτρο ενώ με το τζιπ διανύει 26 χιλιόμετρα ανά λίτρο με ένα μίγμα super και απλής αμόλυβδης, που κοστίζει € 1,17. Επιπλέον για κάθε 5000 χιλιόμετρα που διανύει, στη μεν μηχανή πρέπει να κάνει service που παίρνει χρόνο 15 ώρες ενώ στο τζιπ 10 ώρες. Ο Μητσάρας κάνει μόνος του τα service αλλά δε θέλει να αφιερώνει περισσότερες από 100 ώρες το χρόνο για αυτήν τη δουλειά. Τέλος, ο Μητσάρας προβλέπει ότι θα διανύσει τουλάχιστον 45000 χιλιόμετρα από τα οποία θέλει τουλάχιστον τα 5000 να τα κάνει με τη μηχανή, για να την κρατά σε καλή κατάσταση.

- (α') Να καταστρωθούν οι εξισώσεις που να περιγράφουν ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού με βάση τα παραπάνω δεδομένα, ώστε το ετήσιο κόστος σε καύσιμα να είναι ελάχιστο.
- (β') Να βρεθεί η βέλτιστη λύση του προβλήματος αυτού με το LINDO®.
- (γ') Να υπολογιστεί η αξία μίας επιπλέον ώρας συντήρησης το χρόνο.
- (δ') Πόσο θα αυξηθούν τα ετήσια έξοδα σε καύσιμα για κάθε χιλιόμετρο που θα διανύει πέρα από τα 45000;

Να απαντηθούν τα παραπάνω, αν στην κατάσταση των εξισώσεων, οι παράμετροι που αφορούν σε χιλιόμετρα εκφράζουν χιλιάδες χιλιόμετρα. Να συγκριθούν οι λύσεις. Ποια είναι η σωστή;

3.4 Εργασία προς Παράδοση

Να λυθούν τα παραπάνω προβλήματα και με τη γραφική μέθοδο. Να γίνει ανάλυση ευαισθησίας και να συγκριθούν τα αποτελέσματα με αυτά του LINDO®.

Χώρος για Σημειώσεις Σπουδαστών

Εργαστήριο 4

Ανάλυση Ευαισθησίας με το LINDO[®] (συνέχεια)

4.1 Σκοπός

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού η διατύπωση, επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας απλών προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού από το σπουδαστή.

4.2 Θεωρητικό Μέρος

Επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού με περισσότερες από δύο μεταβλητές απόφασης.

4.3 Εργαστηριακό Μέρος

Δραστηριότητα 4.3.1 (Βιβλίο Θεωρίας Ασκ. 1.56, σελ. 155)

Μία εταιρία κατασκευάζει τρεις διαφορετικούς τύπους (ας είναι x_1 , x_2 και x_3) ξύλινων χωρισμάτων για εξοχικές κατοικίες από οξιές και πεύκο. Η διαδικασία παραγωγής του κάθε χωρίσματος περιλαμβάνει τη διαδικασία κοπής και τη διαδικασία συναρμολόγησης. Για την εύρεση της γραμμής παραγωγής, η οποία μεγιστοποιεί τα κέρδη διατυπώθηκε το εξής πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού:

$$\begin{aligned} & \text{maximize: } 4x_1 + 10x_2 + 8x_3 \\ 5x_1 + 4x_2 + 4x_3 & \leq 200 && \text{(διαθέσιμη ποσότητα οξιάς σε m}^3\text{)} \\ 2x_1 + 5x_2 + 2x_3 & \leq 160 && \text{(διαθέσιμη ποσότητα πεύκου σε m}^3\text{)} \\ x_1 + x_2 + 2x_3 & \leq 50 && \text{(διαθέσιμος χρόνος κοπής σε ώρες)} \\ 2x_1 + 4x_2 + 2x_3 & \leq 80 && \text{(διαθέσιμος χρόνος συναρμολόγησης σε ώρες)} \\ & && x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{aligned}$$

- (α') Να βρεθεί η βέλτιστη λύση του προβλήματος αυτού με το LINDO®. Ποιοι περιορισμοί είναι δεσμευτικοί;
- (β') Τι αξία έχει για την εταιρία 1 επιπλέον m^3 πεύκου;
- (γ') Τι αξία έχει για την εταιρία 1 επιπλέον ώρα κοπής;
- (δ') Αν η εταιρία έπρεπε να κατοχυρώσει ή περισσότερες ώρες κοπής ή περισσότερες ώρες συναρμολόγησης, τι έπρεπε να επιλέξει;
- (ε') Θα αλλάξει η άριστη λύση αν η διαθέσιμη ποσότητα πεύκου ελαττωθεί από τα 160 στα $100m^3$;
- (ς') Σε ποιο ποσό (€) θα έπρεπε να φτάνει το κέρδος από το πρώτο προϊόν, ώστε η εταιρία να πάρει απόφαση να το κατασκευάσει;
- (ζ') Η εταιρία σκέφτεται να ανεβάσει το κέρδος για το τρίτο προϊόν από τα € 8,00 στα € 13,00. Θα επηρεαστεί η βέλτιστη λύση;
- (η') Η εταιρία σκέφτεται να παράγει και ένα τέταρτο είδος ξύλινου χωρίσματος. Ο τύπος αυτός απαιτεί $3m^3$ οξιάς, $4m^3$ πεύκου, 1 ώρα κοπής και 1 ώρα συναρμολόγησης, ενώ αφήνει κέρδος € 6,00. Θα συμβουλευάτε την εταιρία να προχωρήσει στην υλοποίηση αυτής της σχέψης;

Δραστηριότητα 4.3.2 (Βιβλίο Θεωρίας Ασκ. 1.14, σελ. 128-129)

Μία εταιρία κατασκευάζει πέντε διαφορετικά μεγέθη (XL, L, R, S, XS) ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος. Το κάθε ολοκληρωμένο κύκλωμα τοποθετείται πάνω σε μία βάση διαφορετικού μεγέθους, η οποία παρασκευάζεται από την εταιρία επίσης και αποτελείται από έναν αριθμό chips τύπου A ή B, οι ποσότητες των οποίων είναι περιορισμένες σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Μοντέλο	Μέγεθος Βάσης (cm^2)	Chips Τύπου A	Chips Τύπου B	Χρόνος (h)	Κέρδος (ανά τεμ.)
XL	25	28	52	1,50	58
L	15	24	48	1,25	43
R	10	18	40	1,00	25
S	5	12	60	0,75	17
XS	1	5	75	1,50	28
Διαθ. Ποσότητες	50.000	10.000	25.000	2.000	

Η εταιρία έχει πάρει ήδη παραγγελίες για 200 κομμάτια τύπου R και 100 κομμάτια τύπου S. Επιπλέον οι πελάτες ξέρουν ότι για κάθε μοντέλο XL, θα πρέπει να παραγγέλνουν τουλάχιστον 2 μοντέλα L και ότι οι παραγγελίες σε μοντέλα XS δεν μπορούν να είναι περισσότερες από από τις μισές παραγγελίες για τα υπόλοιπα μοντέλα.

- (α') Να καταστρωθούν οι εξισώσεις που να περιγράφουν ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού με βάση τα παραπάνω δεδομένα, ώστε τα κέρδη της εταιρίας να είναι τα μέγιστα δυνατά.
- (β') Να βρεθεί η βέλτιστη λύση του προβλήματος αυτού με το LINDO®.
- (γ') Να σχολιαστούν τα αποτελέσματα.

4.4 Εργασία προς Παράδοση

Τα παραπάνω.

Χώρος για Σημειώσεις Σπουδαστών

Εργαστήριο 5

Simplex Tableau με το LINDO[®]

5.1 Σκοπός

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού η επίλυση προβλημάτων με τη μέθοδο simplex και την εύρεση των διαδοχικών simplex tableau.

5.2 Θεωρητικό Μέρος

Επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού με τη μέθοδο simplex.

5.3 Εργαστηριακό Μέρος

Δραστηριότητα 5.3.1

Να λυθεί το παράδειγμα της § 2.4.3 του Μέρους I των σημειώσεων.

Δραστηριότητα 5.3.2

Να βρεθούν τα διαδοχικά simplex tableau που πρέπει να ακολουθηθούν, ώστε να λυθεί η Δραστηριότητα 3.3.2 του Εργαστηρίου 3.

5.4 Εργασία προς Παράδοση

Να λυθεί η Δραστηριότητα 3.3.2 του Εργαστηρίου 3 με διαδοχικά simplex tableau με το χέρι. Να συγκριθούν τα διαδοχικά simplex tableau με αυτά του LINDO[®].

Χώρος για Σημειώσεις Σπουδαστών

Εργαστήριο 6

Simplex Tableau με το LINDO®

6.1 Σκοπός

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού η επίλυση προβλημάτων με τη μέθοδο simplex και την εύρεση των διαδοχικών simplex tableau.

6.2 Θεωρητικό Μέρος

Επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού με τη μέθοδο simplex.

6.3 Εργαστηριακό Μέρος

Δραστηριότητα 6.3.1

Για τα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού της Δραστηριότητας 1.3.2 του Εργαστηρίου 1, να βρεθούν τα διαδοχικά simplex tableau, που ακολουθεί το LINDO®.

6.4 Εργασία προς Παράδοση

Τα παραπάνω. Σε κάθε πρόβλημα (ακόμα και σε αυτά που καταλήγουν σε μη-φραγμένη ή ανέφικτη λύση), να σημειωθούν οι διαδοχικές λύσεις τις οποίες ελέγχει LINDO® και να γίνει σύντομος σχολιασμός.

Χώρος για Σημειώσεις Σπουδαστών

Εργαστήριο 7

Simplex Tableau με το LINDO®

7.1 Σκοπός

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού η επίλυση προβλημάτων με τη μέθοδο simplex και την εύρεση των διαδοχικών simplex tableau.

7.2 Θεωρητικό Μέρος

Επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού με τη μέθοδο simplex.

7.3 Εργαστηριακό Μέρος

Δραστηριότητα 7.3.1

Να βρεθούν τα διαδοχικά simplex tableau που πρέπει να ακολουθηθούν, ώστε να λυθεί η Δραστηριότητα 4.3.1 του Εργαστηρίου 4.

Δραστηριότητα 7.3.2

Ομοίως για τη Δραστηριότητα 4.3.2 του Εργαστηρίου 4.

7.4 Εργασία προς Παράδοση

Να λυθούν οι Δραστηριότητες 4.3.1 και 4.3.2 του Εργαστηρίου 4 με διαδοχικά simplex tableau με το χέρι. Να συγκριθούν τα διαδοχικά simplex tableau με αυτά του LINDO®.

Χώρος για Σημειώσεις Σπουδαστών

Εργαστήριο 8

Προβλήματα Διαχείρισης Χρόνου και Μετακίνησης

8.1 Σκοπός

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού η διατύπωση, επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας ειδικών προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού από το σπουδαστή.

8.2 Θεωρητικό Μέρος

Επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού.

8.3 Εργαστηριακό Μέρος

Δραστηριότητα 8.3.1 (Βιβλίο Θεωρίας Ασκ. 1.51, σελ. 150)

Η εταιρία λογισμικού στην οποία δουλεύετε έχει μόλις ετοιμάσει τη νέα έκδοση του λογισμικού *www Browser v.2006*. Εσείς ως Γενικός Διευθυντής Πωλήσεων θέλετε να στείλετε πλασιέ σε εκθέσεις λογισμικού που γίνονται ταυτόχρονα σε Μαδρίτη και Χάγη. Σε κάθε ένα από από τα υποκαταστήματα που διαθέτει η εταιρία σας σε Αθήνα και Σέρρες διαθέσιμους από 6 πωλητές και σκέφτεστε να στείλετε τουλάχιστον 5 στη Μαδρίτη και τουλάχιστον 4 στη Χάγη. Η έκθεση της Μαδρίτης διαρκεί 3 ημέρες ενώ της Χάγης 2. Τα έξοδα μετακίνησης και διαμονής φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

- (α') Να υποδειχθεί ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού για την εύρεση του πλήθους των πωλητών που πρέπει να σταλούν από κάθε υποκατάστημα σε κάθε συνέδριο έτσι, ώστε τα συνολικά έξοδα να είναι κατά το δυνατό ελάχιστα.
- (β') Να λυθεί το πρόβλημα με το LINDO® και να γίνει εκτενής σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

	ΕΞΟΔΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ		ΕΞΟΔΑ ΔΙΑΜΟΝΗΣ
	από Αθήνα	από Σέρρες	
Μαδρίτη	€ 400	€ 100	€ 60 ανά νύχτα και ανά άτομο
Χάγη	€ 200	€ 200	€ 100 ανά νύχτα και ανά άτομο

Δραστηριότητα 8.3.2 (Βιβλίο Θεωρίας Ασκ. 1.52, σελ. 150-151)

Ο Γενικός Διευθυντής ενός τηλεοπτικού σταθμού προσπαθεί να βρει το βέλτιστο τρόπο κατανομής του χρόνου διάρκειας των ειδήσεων (30 min) μεταξύ των τοπικών νέων, του καιρού, και των αθλητικών. Σύμφωνα με την πολιτική του καναλιού πρέπει

- (α') να δοθούν 10 min σε διαφημίσεις,
- (β') τουλάχιστον το 15% του διαθέσιμου χρόνου να αφορά τα τοπικά νέα,
- (γ') τουλάχιστον το 50% του διαθέσιμου χρόνου να αφορά τα νέα γενικώς,
- (δ') ο χρόνος που θα δοθεί για τον καιρό να είναι το πολύ ίσος με το χρόνο που θα δοθεί για τα αθλητικά,
- (ε') ο χρόνος που θα δοθεί για τα αθλητικά δεν πρέπει να ξεπερνά το χρόνο που αφορά τα νέα γενικώς και
- (ς') τουλάχιστον το 20% του χρόνου να αφορά τον καιρό.

Το κόστος παραγωγής ανά min ανέρχεται στα € 300 για τα τοπικά νέα, € 200 για τα διεθνή και € 100 για τον καιρό και τα αθλητικά.

- (α') Να υποδειχθεί ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού για τη βέλτιστη κατανομή του χρόνου των ειδήσεων, ώστε να ελαχιστοποιείται το κόστος παραγωγής. Ποια είναι η άριστη λύση;
- (β') Να δοθεί ερμηνεία της δυϊκής τιμής που αντιστοιχεί στον περιορισμό του διαθέσιμου χρόνου. Τι θα προτείνατε στο κανάλι;
- (γ') Να δοθεί ερμηνεία της δυϊκής τιμής που αντιστοιχεί στον περιορισμό β' του διαθέσιμου χρόνου. Τι θα προτείνατε στο κανάλι;
- (δ') Να δοθεί ερμηνεία της δυϊκής τιμής που αντιστοιχεί στον περιορισμό γ'. Τι θα προτείνατε στο κανάλι;
- (ε') Να δοθεί ερμηνεία της δυϊκής τιμής που αντιστοιχεί στον περιορισμό δ'. Τι θα προτείνατε στο κανάλι;

(ε') Να δοθεί ερμηνεία της δυϊκής τιμής που αντιστοιχεί στον περιορισμό ε'. Τι θα προτείνατε στο κανάλι;

Να σχολιαστούν και άλλα αποτελέσματα αν το κρίνετε σκόπιμο.

8.4 Εργασία προς Παράδοση

Τα παραπάνω.

Χώρος για Σημειώσεις Σπουδαστών

Εργαστήριο 9

Προβλήματα Προγραμματισμού Παραγωγής

9.1 Σκοπός

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού η διατύπωση, επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας ειδικών προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού από το σπουδαστή, τα οποία χρειάζονται πιθανώς κάποιες τεχνικές μεταβλητές.

9.2 Θεωρητικό Μέρος

Επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού.

9.3 Εργαστηριακό Μέρος

Δραστηριότητα 9.3.1

Μία εταιρία αθλητικών ειδών που κατασκευάζει μεταξύ άλλων και μπάλες basket (τύπου Α, Β και Γ) προσπαθεί να εντοπίσει τη γραμμή παραγωγής με το μεγαλύτερο κέρδος. Το μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού που αναπτύχθηκε για το πρόβλημα έχει ως εξής:

$$\max \quad 3x_1 + 5x_2 + 4x_3 \quad \text{σε } \text{€},$$

όπου x_1 είναι οι μπάλες τύπου Α, x_2 είναι οι μπάλες τύπου Β και x_3 είναι οι μπάλες τύπου Γ κάτω από τους εξής περιορισμούς:

$$\begin{aligned}12x_1 + 10x_2 + 8x_3 &\leq 18000 && \text{(διαθέσιμος χρόνος για κοπή σε min)} \\15x_1 + 15x_2 + 12x_3 &\leq 18000 && \text{(διαθέσιμος χρόνος για ραφή σε min)} \\3x_1 + 4x_2 + 2x_3 &\leq 9000 && \text{(διαθέσιμος χρόνος για έλεγχο σε min)} \\x_1 &\geq 1000 && \text{(ζήτηση μοντέλου Α)} \\x_1, x_2, x_3 &\geq 0.\end{aligned}$$

Να λυθεί το πρόβλημα με το LINDO® και να απαντηθούν τα παρακάτω ερωτήματα.

- (α') Πόσες μπάλες από κάθε είδος πρέπει να κατασκευάζει η εταιρία, ώστε να μεγιστοποιείται το κέρδος της;
- (β') Ποιοι περιορισμοί είναι δεσμευτικοί;
- (γ') Τι εκφράζουν οι περιθώριες μεταβλητές για κάθε περιορισμό;
- (δ') Ερμηνεύστε το εύρος αριστότητας των αντικειμενικών συντελεστών.
- (ε') Το κόστος μίας ώρας υπερωρίας για το τμήμα της ραφής ανέρχεται σε € 12,00. Συμφέρει την εταιρία να πληρώνει υπερωρίες για το τμήμα αυτό;
- (ς') Ποια είναι η δυϊκή τιμή του περιορισμού για τη ζήτηση της μπάλας τύπου Α; Τι εκφράζει;
- (ζ') Παρατηρήστε ότι το ευκαιριακό κόστος της μεταβλητής x_2 είναι ίσο με μηδέν χωρίς όμως αυτή να συμμετέχει στη βασική λύση. Τι συμπέρασμα βγαίνει;
- (η') Υποθέστε ότι το κέρδος από κάθε μπάλα τύπου Β ελαττώνεται κατά € 1,00. Δώστε τις πιθανές αλλαγές της άριστης λύσης.

Δραστηριότητα 9.3.2 (Βιβλίο Θεωρίας Ασκ. 1.35, σελ. 140)

Η βιοτεχνία 'Games Inc.' κατασκευάζει τρίκυκλα και τετράτροχα ξύλινα παιχνίδια τα οποία απαιτούν 17 και 8 min για να υλοποιηθούν και 14 και 6 min για να τελειοποιηθούν, αντίστοιχα. Ένα τρίκυκλο χρειάζεται μία μεγάλη ρόδα και δύο μικρές ενώ ένα τετράτροχο τέσσερις μικρές. Για το μήνα που έρχεται η 'Games Inc.' σκοπεύει να διαθέσει μέχρι 520 ώρες στη διαδικασία υλοποίησης και μέχρι 400 ώρες στη διαδικασία τελειοποίησης. Ακόμα η 'Games Inc.' πουλά την παραγωγή της στην 'ToyWorld' με κέρδος € 11,00 για κάθε τρίκυκλο και € 5,00 για κάθε τετράτροχο.

- (α') Να υποδειχθεί ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού για την εύρεση της γραμμής παραγωγής, η οποία μεγιστοποιεί το κέρδος της 'Games Inc.' και να λυθεί με το LINDO®.

- (β') Ας υποτεθεί ότι η 'ToyWorld' αγοράζει περισσότερα από 600 τετράτροχα μόνον αν της δοθεί έκπτωση € 1,00 για κάθε τετράτροχο που αγοράζει πέραν των 600. Να διατυπωθεί το νέο πρόβλημα και να λυθεί.
- (γ') Ας υποτεθεί ότι η 'ToyWorld' πληρώνει bonus για κάθε επιπλέον των 1200 τρικύκλων που αγοράζει, bonus που ανεβάζει το κέρδος της βιοτεχνίας στα € 13,00 (για κάθε τρίκυκλο πέραν των 1200). Να διατυπωθεί το νέο πρόβλημα και να λυθεί.
* Η 'Games Inc.' αγοράζει τις ρόδες για τα παιχνίδια από την 'Rollers Inc.' προς € 0,50 για κάθε μεγάλη ρόδα και προς € 0,10 για κάθε μικρή.
- (δ') Αν υποτεθεί ότι η 'Rollers Inc.' μπορεί να προμηθεύσει το πολύ 1000 μεγάλες ρόδες και ότι ο εναλλακτικός προμηθευτής της 'Games Inc.' χρεώνει € 0,60 για κάθε μεγάλη ρόδα που παραδίδει, να διατυπωθεί το νέο πρόβλημα και να λυθεί.
- (ε') Αν υποτεθεί ότι η 'Rollers Inc.' χρεώνει € 0,075 για κάθε μικρή ρόδα που πουλά πέραν των 6000, να διατυπωθεί το νέο πρόβλημα και να λυθεί.

Να σχολιάσετε ό,τι επιπλέον κρίνετε απαραίτητο.

Υπόδειξη: Για το ερώτημα β' να θεωρήσετε μία μεταβλητή, έστω s η οποία εκφράζει το πλήθος των τετράτροχων πέραν των 600 και μία άλλη μεταβλητή, έστω

$$m = \min\{\text{πλήθος τετράτροχων που πουλιούνται στην κανονική τιμή, 600}\}.$$

Για τα υπόλοιπα ερωτήματα θέστε παρόμοιες μεταβλητές.

9.4 Εργασία προς Παράδοση

Τα παραπάνω.

Χώρος για Σημειώσεις Σπουδαστών

Εργαστήριο 10

Προβλήματα Σχεδιασμού Παραγωγής

10.1 Σκοπός

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού η διατύπωση, επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας ειδικών προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού από το σπουδαστή, τα οποία χρειάζονται πιθανώς κάποιες τεχνικές μεταβλητές.

10.2 Θεωρητικό Μέρος

Επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού.

10.3 Εργαστηριακό Μέρος

Δραστηριότητα 10.3.1

Εταιρία κατασκευής Hi-Fi σχεδιάζει τη διαδικασία παραγωγής των DVD players για τις επόμενες 6 εβδομάδες. Ο αριθμός των DVD players που πρέπει να παραδώσει η εταιρία για κάθε εβδομάδα φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Εβδομάδα	1	2	3	4	5	6
Παραγγελίες	105	170	230	180	150	250

Η εβδομαδιαία παραγωγή επαρκεί για το πολύ 160 DVD players με κόστος € 190,00 το ένα αλλά μπορεί να κατασκευάσει άλλα 50 με κόστος όμως € 260,00 το ένα (λόγω των υπερωριών). Επιπλέον μπορεί να αποθηκεύει όσα DVD players περισσεύουν με κόστος € 10,00 ανά DVD player και ανά εβδομάδα, ώστε να τα πουλήσει αργότερα.

Να υποδειχθεί ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, το οποίο θα επιτρέψει στην εταιρία να φανεί συνεπής στις υποχρεώσεις της με το μικρότερο δυνατό κόστος και να λυθεί με το LINDO®.

Να γίνουν σχόλια, όπου πιστεύετε ότι χρειάζεται.

10.4 Εργασία προς Παράδοση

Τα παραπάνω.

Χώρος για Σημειώσεις Σπουδαστών

Εργαστήριο 11

Προβλήματα Σχεδιασμού Επενδύσεων

11.1 Σκοπός

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού η διατύπωση, επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας ειδικών προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού από το σπουδαστή, τα οποία χρειάζονται πιθανώς κάποιες τεχνικές μεταβλητές.

11.2 Θεωρητικό Μέρος

Επίλυση και ανάλυση ευαισθησίας προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού.

11.3 Εργαστηριακό Μέρος

Δραστηριότητα 11.3.1 (Βιβλίο Θεωρίας Ασκ. 1.60, σελ. 159-160)

Μία χρηματιστηριακή εταιρία που πρόκειται να τοποθετήσει κεφάλαια ύψους € 1.000.000 σε μετοχές, ομόλογα, τραπεζικά προϊόντα και ακίνητα αναζητά το συνδυασμό που θα της αποφέρει τα περισσότερα έσοδα ύστερα από έξι χρόνια. Επενδύσεις σε μετοχές και ομόλογα μπορούν να γίνουν στην αρχή κάθε έτους από τα επόμενα έξι. Κάθε € που επενδύεται σε μετοχές αναμένεται να αποφέρει έσοδα € 1,20 ύστερα από 2 χρόνια ενώ κάθε € που επενδύεται σε ομόλογα αναμένεται να αποφέρει έσοδα € 1.40 ύστερα από τρία χρόνια. Οι επενδύσεις σε τραπεζικά προϊόντα είναι διαθέσιμες μόνο μία φορά κατά τη διάρκεια των επόμενων έξι ετών, στην αρχή του δεύτερου. Κάθε € που επενδύεται σε αυτά αναμένεται να αποφέρει έσοδα € 1.80 τέσσερα χρόνια αργότερα. Τέλος, ευκαιρίες για επενδύσεις στα ακίνητα πιστεύεται ότι θα υπάρξουν στην αρχή του πέμπτου και έκτου έτους. Κάθε € που επενδύεται εδώ αναμένεται να αποφέρει έσοδα € 1.10 ύστερα από ένα χρόνο.

Η εταιρία για να ελαχιστοποιήσει το ρίσκο στην επένδυση αποφασίζει να διασπάσει στις τέσσερις προτεινόμενες μορφές:

- (α') η επένδυση σε μετοχές δεν πρέπει να ξεπερνά το 30% της συνολικής επένδυσης και
- (β') τουλάχιστον το 25% της συνολικής επένδυσης θα πρέπει να τοποθετηθεί στα τραπεζικά προϊόντα.

Υποδείξτε ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, για την εύρεση του συνδυασμού των επενδύσεων που πρόκειται να αποφέρει τα περισσότερα έσοδα στο τέλος της έκτης χρονιάς και να λυθεί με το LINDO®. Να γίνουν σχόλια, όπου πιστεύετε ότι χρειάζεται.

Να εξετάσετε δύο περιπτώσεις:

- (α') Τα ενδιάμεσα έσοδα δεν επανεπενδύονται.
- (β') Τα ενδιάμεσα έσοδα είναι δυνατό να επανεπενδύονται αμέσως σε οποιαδήποτε μορφή επένδυσης κρίνεται πιο συμφέρουσα.

11.4 Εργασία προς Παράδοση

Τα παραπάνω.

Χώρος για Σημειώσεις Σπουδαστών

Βιβλιογραφία

- [1] F. S. Hillier and G. J. Lieberman, *Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση, 1985.
- [2] R. J. Vanderbei, *Linear Programming: Foundations and Extensions*. New York, USA: Springer Science, 1996.
- [3] Π.-Χ. Γ. Βασιλείου, *Εφαρμοσμένος Μαθηματικός Προγραμματισμός*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη, 2001.
- [4] Π.-Χ. Γ. Βασιλείου, Γ. Τσακλίδης και Ν. Δ. Τσάντας, *Ασκήσεις στην Επιχειρησιακή Έρευνα*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη, 2001.
- [5] Ι. Καρκάζης, *Ειδικά Θέματα Επιχειρησιακής Έρευνας*. Αθήνα: Εκδόσεις Κ. και Π. Σμπίλιας: «Το Οικονομικό», 1998.
- [6] Σ. Κούνιας και Δ. Φακίνος, *Γραμμικός Προγραμματισμός*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη, 1991.
- [7] Β. Κώστογλου, *Επιχειρησιακή Έρευνα, Μεθοδολογία-Εφαρμογές · Προβλήματα, Πληροφοριακά Συστήματα Διοίκησης*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα, 2002.
- [8] Γ. Οικονόμου και Α. Κ. Γεωργίου, *Ποσοτική Ανάλυση για τη Λήψη Διοικητικών Αποφάσεων*. Αθήνα: Εκδόσεις Μπένου, 1999.
- [9] Ν. Δ. Τσάντας και Π.-Χ. Γ. Βασιλείου, *Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη, 2000.

Ευρετήριο

- append output, 20
- compile, 28
- echo to screen, 20
- font
 - fixed width, 26
 - monospaced, 26
- nonzeros, 32
- optimizer options, 24
- output options, 24
- page length limit, 24
- pivot
 - row, 31
 - variable, 31
- set
 - necessary, 30
 - sufficient, 30
- status window, 24
- terminal width, 24
- terse
 - mode, 32
 - output, 24
- ανάλυση ευαισθησίας, 28, 32
- αρχείο καταγραφής, 28
- διάστημα
 - αριστότητας, 32
 - εφικτότητας, 32
- επιλογές
 - βελτιστοποιητή, 24
 - εξόδου, 24
- λακωνική
 - έξοδος, 24
- λύση, 28
- μήκος
 - γραμματοσειράς (σταθερό), 26
 - σελίδας (όριο), 24
 - τερματισμού, 24
- μεταγλώττιση, 28
- οδήγηση, 31
- παράθεση
 - κάθετη, 39
 - καταρράκτη, 38
 - οριζόντια, 39
- παράθυρο
 - επεξεργασίας, 17
 - κατάστασης λύσης, 24
 - προβολής, 17
- σύνολο
 - αναγκαίο, 30
 - ικανό, 30
- τύποι αρχείων, 18

